Aus der Chirurgischen Universitäts-Klinik zu Marburg.
(Direktor: Prof. Klapp.)

Die Kreuzbandabrisse und ihr operativer Ersatz.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

WOLRAD KLAPP
Medizinalpraktikant in Berlin.

Marburg (Lahn) 1931

Buchdruckerei Hermann Bauer

Angenommen von der Medizinischen Fakultät Marburg
am 18. November 1931
Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.
Referent: Prof. Dr. Klapp.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Verständnis für die Kniegelenksschäden insbesondere der Bandverletzungen kann sich nur auf genauer Kenntnis der Anatomie und der Mechanik der Bänder aufbauen.

Das Kniegelenk hat beim Menschen eine weit höhere Funktion als beim Vierfüßler. Der Erwerb der aufrechten Körperhaltung hat die unteren Extremitäten zu den alleinigen Tragpfeilern des Körpers gemacht und damit auch den Kniegelenken eine erheblich gesteigerte Aufgabe in Bezug auf Belastung, Bewegung und Fixation in jeder Winkelstellung übertragen.

Bei vielen Vierfüßlern wird nur Flexion und Extension ausgeführt, während beim Menschen die Rotation des Unterschenkels um die Längsachse hinzukommt. Durch die Kombination beider Bewegungsarten, Flexion und Extension einerseits und Rotation andererseits, verloren Tibia und Fibula die ausgedehnte Kontaktfläche und damit die Knochenführungen, die durch die Eminentia intercondyloidea noch angedeutet ist. Die Anschläge und Hemmungen werden jetzt vorwiegend durch Kapsel, Bänder und Sehnen bestimmt. Dafür mußte eine enorme Band- und Muskelfixation ausgebildet werden. Außerdem ist beim menschlichen Knie, wie es auch bei einigen Vierfüßlern z. B. beim Elefanten der Fall ist, die Normalstellung, nämlich die Streckstellung, eine Extremstellung.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen nur die Schäden der Kreuzbänder behandelt werden, deshalb werden auch nur die anatomischen Verhältnisse dieser Bänder berücksichtigt.

Anatomie der Kreuzbänder:

Das vordere oder laterale Kreuzband läuft nach *Fick* von der Innenseite der lateralen Femurrolle zu seinem tibialen Ansatz, der von der Eminentia intercondyloidea, nach *Braus* zwischen den vorderen Ansätzen der Menisci gelegen ist. Nach *Spalteholz* inseriert das vordere Kreuzband besonders an der Tuberositas intercondyloida. Der Verlauf des vorderen Kreuzbandes geht also nach abwärts, vorwärts und medialwärts.

Das hintere oder mediale Kreuzband entspringt an der Innenseite des medialen Condylus femoris und hat seinen An-

satz am Hinterrand der Tibia und unterhalb davon bis in die hintere Kapsel, also hinter und unter den Ansätzen der beiden C-Knorpel. Der Verlauf des hinteren Kreuzbandes ist abwärts, rückwärts und lateralwärts gerichtet.

Als sogenanntes drittes Kreuzband oder Radix obliqua menisci lateralis Weitbrechti geht vom lateralen Meniscus hinten ein Strang ab und zieht selbständig oder mit dem hinteren Kreuzband gemeinsam zur lateralen Seite der medialen Femurrolle und inseriert mit dem medialen Rand des hinteren Kreuzbandes.

Nach *Fick* stellen die Kreuzbänder Verstärkungszüge der hinteren Kapselwand dar. Er schließt das daraus, daß die Kreuzbänder vorn und auf den beiden Seiten, nicht aber hinten von Synovialis überzogen sind. Danach wären die Kreuzbänder auch keine Binnenbänder. Dieser Ansicht steht die Arbeit von *Max Langer* gegenüber. Er hat Serienschnitte der Kniegelenke verschieden großen Föten gemacht und daran die Entwickelung der einzelnen Gebilde untersucht: bei einem Embryo von SSL (Schädel-Steißbeinlänge) 24 mm, — das entspricht einem Alter von ca. 5—6 Wochen —, findet man Femur, Tibia und Fibula angelegt, außerdem keine anderen Gebilde, ebenso keine Gelenkhöhle. Der Raum zwischen Femur und Tibia ist mit unspezifischen embryonalen Rundzellen ausgefüllt. Der Übergang von Knochenanlage zum Mesenchym ist unscharf.

Bei einem Embryo von 26 mm SSL: die Grenzen von Femur und Tibia sind deutlich durch eine Schicht mesenchymaler Rundzellen abgegrenzt. Das übrige Mesenchym ist die Matrix für Kreuzbänder und Menisci. Die Ligg. cruciata werden durch das Auftreten von Verdichtungszügen angedeutet. Die Zellen werden spindelig, dichter gedrängt und ordnen sich der Länge nach. Die Züge entsprechen dem endgültigen Verlauf der Ligg. cruciata. Die Kreuzbandanlage scheidet sich scharf von dem umgebenden Gewebe. Gleichzeitig ist die Quadricepssehne angelegt, die vorn über das Kniegelenk zieht. Die Fibrosa ist noch nicht vorhanden. Das steht im Widerspruch zu der Auffassung von *Fick*, daß die Kreuzbänder Verstärkungszüge der Kapsel seien.

Bei einem Embryo von 28 mm SSL: Die Kreuzbänder haben fibrilläre Zwischensubstanz bekommen, die Gelenkkapsel ist angelegt, sie schließt das ganze Gelenk bis auf eine Stelle der Dorsalseite am Planum popliteum ab. Gelenkraum und Synovialanlage sind noch nicht vorhanden.

Bei einem Embryo von 37 mm SSL: hinter den Kreuzbändern ist noch keine Fibrosa. Der inzwischen entstandene Gelenkraum reicht an keiner Stelle an die Kreuzbänder. Die Bildung des Gelenkraumes geht in lockerem undifferenziertem Gewebe vor sich. Sie beginnt ober- und unterhalb der Menisci und schreitet zentralwärts fort, von lateral und medial zugleich. Dadurch bilden sich 2 getrennte Gelenke, getrennt durch ein Septum, das von der Rückseite der Patella sagittal durch das Gelenk zieht, und aus den Kreuzbändern und dem Mesenchymrest besteht. Wo die Höhlenbildung zum Stillstand kommt, ordnen sich die Mesenchymzellen endothelartig an.

Bei 47 mm SSL sind die gelenkbildenden Teile dem fertigen Gelenk soweit angeglichen, daß ein Umbau nicht mehr zu erwarten ist.

Gefäßversorgung der Kreuzbänder.

Ein sehr wichtiges und bisher noch wenig bearbeitetes Gebiet ist die Blutgefäßversorgung der Kreuzbänder. Man kann aus der Kenntnis der Ernährung der Kreuzbänder zweifellos sehr wichtige Schlüsse auf die Regenerationsfähigkeit der verletzten Kreuzbänder ziehen. *Pfab* hat von Leichen Erwachsener oder von amputierten unteren Extremitäten Injektionspräparate hergestellt und daran die Blutgefäße an den Kreuzbändern studiert. Nach *Pfab* kommt als großes Gefäß für die Versorgung der Kreuzbänder hauptsächlich die Arteria genu media in Betracht. Die Synovialis ist mit einem dichten Netz kleiner und kleinster Gefäße versehen. Die die Kreuzbänder umgebende Synovialis sendet eine große Anzahl von Gefäßen in diese hinein, die sich nach oben und unten aussplittern. Die femoralen Partien des vorderen Kreuzbandes stehen mit der Gelenkkapsel in viel innigerem Kontakt als der tibiale Anteil. Deshalb ist die Ernährung hier besser, ebenso steht es beim tibialen Ansatz des hinteren Kreuzbandes.

Der tibiale Ansatz des vorderen Kreuzbandes ist erheblich weniger durchblutet. Er erhält seine Blutversorgung nur durch kleine Gefäße vom Synovialüberzug der Plicae alares und vom Vorderhorn des Meniscus.

Größere Gefäßchen ziehen in die Kreuzbänder von hinten hinein und teilen sich in auf- und abwärtsziehende Äste. Im vorderen Kreuzband gewinnen die nach oben gehenden Gefäße Anschluß an die des Femur und seines Periosts. Die oberen Kreuzbandpartien sind also reichlich versorgt, dagegen

gewinnen die nach unten ziehenden Äste erst mit den feinsten Endausläufern Anschluß an die Gefäße, die als ganz kleine Ästchen vom Synovialüberzug der tibialen Ansatzstelle diesen Teil versorgen. Bei erhaltenem Rudimentum septi zieht ein verhältnismäßig großes Gefäß zum Kreuzband. Bei einer Operation muß dieses allerdings durchschnitten werden und kommt so für die Heilung nicht in Betracht.

Das hintere Kreuzband ist viel reichlicher und gleichmäßiger von Gefäßen versorgt und durchzogen als das vordere. Die oft gleichzeitige Verletzung des vorderen Kreuzbandes mit dem Einriß des medialen Meniscus könnte nach *Pfab* dafür sprechen, daß die Beanspruchung des vorderen Kreuzbandes bei allen Kniebewegungen eine stärkere ist, trotzdem es schlechter versorgt ist als das hintere. Zu dieser Ansicht *Pfabs* würde ich sagen, daß das Umgekehrte wahrscheinlicher ist. Das hintere Kreuzband ist das stärkere und besser ernährte, weil es mehr beansprucht wird und wegen seiner großen Stärke und besseren Ernährung reißt es nicht so leicht.

Auf die Auswertung dieser Untersuchungsergebnisse in Bezug auf Regenerations und Operationsindikation werde ich später noch zurückkommen.

Mechanik der Kreuzbänder.

Wie schon eingangs erwähnt, hat das menschliche Knie eine schwere und komplizierte Aufgabe. Fast ohne Knochenführung muß es Bewegungen in der Hauptsache um 2 Achsen ausführen, in jeder Beuge- und Rotationsstellung stabil sein und noch dazu eine starke Belastung tragen. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, mußte der Bandapparat sehr stark angelegt werden und mit den größeren Aufgaben wachsen.

In Streckstellung des Kniegelenks sorgen nach *Fick* die Seitenbänder für Fixierung des Gelenks. Sie sind gespannt. Seitliche Bewegungen sind am normalen Knie unmöglich. Nach *Braus* können die Kreuzbänder in Streckstellung eine Flächenverschiebung von Femur und Tibia allein nicht verhindern. Sie hindern eine Überstreckung und darin unterstützen sie die Seitenbänder. Hintere Kapselwand und Beugemuskulatur hindern ebenfalls eine Überstreckung. Bei gebeugtem Knie sorgen die Kreuzbänder für die Festigkeit der Verbindung. Sind die Kreuzbänder isoliert zerschnitten, schlottert das Gelenk in Beugestellung sofort. Nach *Fick* hin-

dert in Beugestellung des Knies das vordere Kreuzband die Bewegung des Unterschenkels nach vorn oder Oberschenkelgelenkfläche nach hinten durch seinen Verlauf von hinten oben nach vorn unten. Das hintere Kreuzband hindert die Bewegung des Unterschenkels nach hinten oder des Oberschenkels nach vorn. Eine starke Tendenz zu dieser Bewegung ist bei Beugung durch die Semimuskeln und den Biceps bedingt..

Bei der Beugung liegen beide Kreuzbänder „am Boden".

Bei der Bewegung um die senkrechte Achse, der Rotation, spielen die Kreuzbänder ebenfalls eine große Rolle. Nach *Braus* wickeln sich bei Innenrotation des Unterschenkels die Kreuzbänder stärker umeinander. Bald ist die Grenze erreicht, weil sie von den Knochen zu stark geknebelt werden. Bei Außenrotation des Unterschenkels wickeln sich die Kreuzbänder ab und werden lose. Femur und Tibia entfernen sich von einander. Die Außenrotation wird durch die Kapsel und ihre Verstärkungen und durch das Ligg. collaterale tibiale gehemmt.

Fick hat bei Untersuchung über den Umfang der Kreiselung festgestellt, daß er bei den verschiedenen Individuen erheblich wechselt. Übereinstimmend ergaben alle Versuche, daß von der Streckstellung angefangen bis zur äußersten Beugung der Kreiselungsumfang stetig zunimmt. Die Kreiselung des Unterschenkels nach auswärts (Supination) ist ausgiebiger als nach einwärts. Über die komplizierten Spannungsverhältnisse schreibt *Braus:* die Insertionsstelle des vorderen Kreuzbandes am Femur ist eine ungefähr senkrecht verlaufende Linie. Das Ursprungsfeld an der Tibia ist horizontal. Bei Bewegung verändert die senkrechte Linie am Oberschenkel ihre Lage zur horizontalen. Dadurch werden bis dahin gespannte Teile des Kreuzbandes entspannt und andere bis dahin entspannte, gespannt. In Streckstellung ist der Vorderrand straff, in Beugestellung der Hinterrand.

Ähnlich verhält sich das hintere Kreuzband nur umgekehrt. In Streckung versteift sich der hintere Abschnitt, in Beugung der vordere. Immer ist also ein Bündel der Kreuzbänder versteift, gleichgültig wie das Gelenk steht.

Zusammenfassend läßt sich über die Funktion der Kreuzbänder sagen, daß sie die Führung des Gelenks in sämtlichen Beugestellungen übernehmen. Sie verhindern Ab- und Adduktion des Ober- und Unterschenkels gegen einander sowie die Luxation des Unterschen-

kels nach vorn oder nach hinten. In Streckstellung verhindern sie als Verstärkung der Seitenbänder die Hyperextension, die Abduktion und Adduktion.

Das Trauma.

Den Kreuzbändern wendet sich in letzter Zeit das Interesse der Chirurgie zu. Das hat seine Ursache einmal in den technischen Errungenschaften der Chirurgie, insbesondere der Listerschen Asepsis, die eine Arthrotomie nicht mehr als eine große Operation, die sie früher gewesen ist, erscheinen läßt. Auf der anderen Seite hat zweifellos der moderne Sport, Ski, Fußball und Motorradfahren, die Zahl der Knieverletzungen erheblich anwachsen lassen. So berichtet *Gebhard* aus der Chirurg. Univ. Klinik München, ein Drittel aller Spätschäden nach Sportverletzungen seien Kniegelenksschäden. Daneben spielen andere grobe Traumen eine Rolle. So waren nach *Groves* in seinen 14 Fällen von Kreuzbandzerreißungen Granatexplosionen und Verschüttungen die Ursache. *Bircher* meint, daß auch die Gelenkempfindlichkeit gegen Trauma zugenommen hätte, da auch die rheumatischen Affektionen in den letzten Jahren um das Vierfache zugenommen hätten.

Gerade bei den Knieverletzungen ist es nicht leicht aus der Anamnese und der Schwere des Traumas Schlüsse auf die Art der Verletzung zu ziehen. Nach *Wittek* und Robert *Jones* haben eine Verletzung des medialen Meniscus und des vorderen Kreuzbandes denselben Verletzungsvorgang, und zwar wird zunächst der mediale Meniscus angegriffen und erst bei stärkerer Gewalteinwirkung oder längerer Dauer derselben auch das vordere Kreuzband verletzt. Der Entstehungsvorgang ist folgender: bei leicht gebeugtem Knie wird durch die Gewalteinwirkung eine Valgusstellung erzeugt und eine Innendrehung des Oberschenkels gegen die durch den Fuß fixierte Tibia hervorgerufen. Oder umgekehrt wird die Tibia gegen den Oberschenkel nach außen rotiert *(Goetjes, Wittek, Jones* u. A.). Dieser Vorgang kommt beim Sport häufig vor z. B. durch Fußtritt beim Fußball von außen gegen das gebeugte Knie oder Sturz des Skiläufers, dessen Fuß durch den Ski fixiert ist, beim Hinfallen ist dann das Kniegelenk abnormer Drehung und Knickung ausgesetzt. *Hölzel* beschreibt einen Fall, dessen Verletzungsvorgang derselbe war, nur führte der Unterschenkel eine Einwärtsrotation aus. Leichenversuche von *Demel* ergaben, daß das vordere Kreuzband

bei stark flektiertem Kniegelenk, Innenrotation und Adduktion des Unterschenkels zerreißt und zwar isoliert. Ob dieser Verletzungsvorgang einmal vorgekommen ist, kann ich aus der Literatur nicht ersehen. Es steht jedenfalls Abduktion und Außenrotation des Unterschenkels bei *Wittek* gegen Adduktion und Innenrotation bei *Demel* und schließlich Abduktion und Innenrotation des Unterschenkels bei *Hölzel*. *Wittek* zweifelt, daß Leichenexperimente den Verhältnissen am Lebenden entsprechen. Die Schnelligkeit und Wucht des stürzenden Körpers sei nicht nachzuahmen. Die Angaben der Patienten sind bei dem oft blitzschnellen Ablauf des Unfalles auch mit Vorsicht aufzunehmen. *Petraschewskaja* hat bei Versuchen an der Leiche über die Mechanik der Kreuzbandverletzungen folgendes ermittelt:

1. Übermäßige mit großer Gewalt ausgeführte Extension läßt beide Kreuzbänder abreißen.

2. Flexion führt nicht zum Riß, da die Weichteile des Ober- und Unterschenkels die Hyperflexion verhindern.

3. Schlag bei gebeugtem Knie in die Kniekehle kann Abriß des vorderen Kreuzbandes herbeiführen.

4. Schlag bei gebeugtem Knie vor die Tuberositas tibiae hat Abriß des hinteren Kreuzbandes im Gefolge. Die Versuchsanordnungen lassen sich auch nicht ohne weiteres auf die lebendige Wirklichkeit übertragen, da der Muskeltonus fehlt. Zudem fehlen bei dieser Versuchsanordnung die richtigen Torsionen. Eine Kreuzbandzerreißung durch Hyperextension beschreibt z. B. *Wittek*.

Exakte Schilderungen des Hergangs sind nicht zu erhalten, die Leichenexperimente sind der Wirklichkeit kaum anzupassen, schon weil die gesamte Muskeltätigkeit außer Acht bleiben muß. *Gebhard* geht sogar so weit, daß er schreibt, Nachforschungen über die Mechanik der Verletzungen anzustellen sei zwecklos, man fände selten typische Momente und habe für Beratung und Vorbeuge nichts gewonnen. *Wittek* hat beobachtet, daß auch kombinierte Verletzungen des lateralen Meniscus mit dem vorderen Kreuzband vorkommen. Er glaubt, daß durch ein erstes Trauma die Funktionsfähigkeit des Kniegelenks geschwächt wird und durch ein zweites, drittes Trauma weitere Verletzungen hinzukommen, wie es häufig der Anamnese nach der Fall zu sein scheint. Ähnlich *Hölzel*, *Oppolzer* u. A.

Aus der Stärke des Traumas kann man nicht auf eine mehr oder weniger schwere Binnenverletzung schließen. So

ist nach *Goetjes* das eine Kreuzbandverletzung mit Knochenausriß auslösende Trauma häufig nur sehr gering. Der Ausriß kann sogar ohne stärkere Schmerzempfindlichkeit erfolgen.

Tretter macht darauf aufmerksam, daß das Verhalten der Gelenkbänder individuell verschieden sei. Die seitliche Abknickung im Knie in Beugestellung sei je nach der Länge der Seitenbänder verschieden, manchmal nicht nachzuweisen, manchmal grenze sie ans Pathologische. Ebenso hängt eine mehr oder weniger starke Subluxationsmöglichkeit von der Länge und der Spannung der Kreuzbänder ab. Die Beidseitigkeit der Erscheinungen und die Beschwerdelosigkeit spricht für die Unversehrtheit der Bänder.

Dem Verhalten der Gelenkkapsel ist besondere Bedeutung beizulegen. Da sie sehr kräftig ist, hemmt sie ausgedehnte Bewegungen, besonders die Rotation *(Hoenigschmied)*. Außerdem ist sie der nervenreichste Teil des Gelenks und löst dadurch frühzeitig Abwehrreflexe aus. Distorsionen, die in Kapselzerrung und Rissen ihre Grundlage haben, sind viel häufiger als Bandabrisse und als Vorläufer dieser aufzufassen.

Klinische Symptomatologie und Diagnostik.

Nach *Seifert* sind die frischen Erscheinungen der Binnenverletzung nicht typisch für bestimmte Veränderungen. Es finden sich Bluterguß, Schmerzen bei Bewegungen oder Druckschmerz am medialen Gelenkspalt, Hemmung der Streckung oder der Beugung. Nach Abklingen der ersten Erscheinungen wird häufig leidliche Gebrauchsfähigkeit beobachtet. Leicht kann dann ein erneuter Bluterguß auftreten, weil die Verletzung nur für eine Kniedistorsion gehalten und nicht als schwere Binnenverletzung erkannt wird. Nach *Gebhard* besteht bei frischen Fällen die Gefahr der Unterschätzung der Verletzung. Eine abnorme Beweglichkeit kann im Frühstadium wegen der Gelenkspannung und des großen Schmerzes nicht nachzuweisen sein *(Bircher)*. Erst bei älteren Fällen soll es möglich sein auf eine Kreuzbandverletzung zu schließen. *Tretter* erklärt das so, daß nach Abklingen der stürmischen Erscheinungen und nach Heilung des Kapselrisses, trotzdem das gerissene Band nicht fest sei, zunächst keine abnorme Bewegung zu bemerken sei, da die Kapsel für die verletzten Bänder eintrete. Bei Gebrauch wird die Kapsel dann überbeansprucht und gedehnt, woraufhin prompt abnorme Beweglichkeit eintrete. Dazu läßt sich folgendes sagen:

Gewiß kann bei frischen Fällen häufig oder meist nicht die bestimmte Diagnose auf Zerreißung eines Kreuzbandes gestellt werden. Der Erfahrene kann sich aber bei der genauen Untersuchung, allenfalls auch in Narkose darüber klar werden, daß eine abnorme Beweglichkeit vorhanden ist oder daß es sich um mehr als um einen Kapselriß handelt. Dann kommt nur Meniscusverletzung oder Kreuzbandriß in Frage. Diese Diagnose fordert heute in der Frühzeit Arthrotomie und dabei findet man auch gelegentlich eine frische Kreuzbandverletzung, oft neben der Meniscusschädigung. Das ist der Standpunkt der Marburger Klinik zu der Frage der Frühdiagnose.

Das Hauptsymptom der Kreuzbandverletzungen ist das schon von *Albert* in seiner Diagnostik beschriebene Schubladenzeichen. Die Bezeichnung stammt von den Engländern und ist von *Wittek* übernommen worden. Es besteht in der ungehörigen Verschieblichkeit des gestreckten oder etwas gebeugten Unterschenkels nach vorn oder (nur selten) nach *hinten* (Payr). Dieses Schubladensymptom kann sowohl aktiv durch den Patienten wie passiv durch den Arzt hervorgerufen werden. Und zwar bei zerrissenem vorderen Kreuzband nach vorne, bei zerrissenem hinteren nach hinten. *Wittek* beschreibt Fälle, bei denen das Schubladensymptom nicht auslösbar war, trotzdem das vordere Kreuzband vollständig zerrissen war. Zum Teil führt er es darauf zurück, daß andere anamnestische Grundlagen, Einklemmungserscheinungen, im Vordergrund standen und auf das Schubladensymptom nicht geachtet wurde. Die Muskelspannung des Oberschenkels schien in den anderen Fällen die Auslösung unmöglich zu machen, da das Schubladensymptom in Narkose dann auszulösen war.

Im Gegensatz dazu berichtet *Wittek* über einen Fall, bei dem trotz positivem Schubladensymptoms das Lig. cruciatum anterius vollkommen erhalten war. Bei der Kranken sei allerdings eine auffallende Muskelatrophie am erkrankten Bein gewesen. *Mandl* kennt eine ganze Anzahl Kranker, die ein positives Schubladenphänomen haben, aber muskulär die Gelenkschlaffheit kompensieren, so daß keine Beeinträchtigung im Beruf und Sport eintritt. Eine weitere Beobachtung *Witteks*, wo das Schubladensymptom nach vorne und nach hinten positiv war, ergab die Unversehrtheit des hinteren Kreuzbandes.

Bei Patienten, die häufiger große Ergüsse durchgemacht

haben, findet man nach *Klapp* ebenfalls das Schubladensymptom ohne Kreuzbandverletzung.

Das weitere Hauptsymptom bei der Zerreißung beider Kreuzbänder ist die passive Überstreckbarkeit des Kniegelenks *(Wittek)*. Wenn ein Knochenstück aus der Tibia ausgerissen ist, kann das Gegenteil eintreten, die Streckfähigkeit ist durch Einklemmung gehemmt. Ein Knochenteil aus dem femoralen Ansatz kann ohne anfängliche Folgen im Spatium intercondyloideum liegen bleiben, in späteren Stadien schließt sich nicht selten eine Arthritis deformans an. Diese Knochenausrisse können durch das Röntgenbild nachgewiesen werden.

Ein weiteres Symptom des Kreuzbandschadens ist die Möglichkeit stärkerer Innenrotation. Da die Beurteilung wegen der physiologisch vorkommenden Variation schwer ist, können Schlüsse aus dem Vorhandensein dieses Symptoms kaum gezogen werden *(Wittek)*, doch ist der Vergleich zwischen krankem und gesundem Bein wichtig. Durch diese Symptome wird Unsicherheit und mangelnde Stützfähigkeit im Knie hervorgerufen. Diese sind individuell durch die ausgleichende Wirkung der Muskeln abgestuft.

Nach *Payr* sind Schmerz, Schlottern, Einklemmung und rezidivierender Hydrops nicht eindeutig für eine Kreuzbandverletzung.

In allen frischen Fällen ist die Diagnose nicht leicht zu stellen, da das einzig einwandfreie Symptom, die Subluxationsmöglichkeit wegen des Ergusses im Knie, der Schmerzen und der reaktiven Kapsel- und Muskelspannung nicht nachzuweisen ist. Im Röntgenbild ist ein Knochenausriß gut zu sehen, deshalb soll man in unklaren Kniegelenksfällen zu dieser Hilfe greifen. Knochenabrisse speziell an der Eminentia intercondyloidea sind sehr gut röntgenologisch nachzuweisen. Und wenn der Abriß am medialen Tuberculum ist, soll man an eine Beteiligung des vorderen Kreuzbandes denken. Nach *Gebhard* ergaben Röntgenbilder, die anfangs negativ waren, später Verwerfung an der Eminentia intercondyloidea und kleine Kalluswolken.

Bei jeder älteren Kniegelenkserkrankung mit Unsicherheit, besonders beim Bergabgehen, muß man auf abnorme Beweglichkeit prüfen. *Tretter* betont, daß in Streckstellung bei intaktem Gelenk keine Seitenbewegungen möglich sind, aber auch dann nicht, wenn die Seitenbänder oder die Kreuzbänder verletzt sind. Sowohl die Seitenbänder als auch die Kreuzbänder seien imstande, allein das Gelenk in Streck-

stellung zu fixieren, besonders gegen seitliche Abknickungen. Das Schubladensymptom ist in Streckstellung auch nicht auszulösen, da bei Verletzung der Kreuzbänder die Seitenbänder eine Subluxation verhindern können. Die Zerreißung der Kniegelenksbinnenbänder können nur in leichter Beugestellung diagnostiziert werden, da dann die Seitenbänder entspannt sind und jede abnorme Bewegung, Schubladensymptom und seitliches Wackeln auf eine Verletzung der Kreuzbänder zurückzuführen ist. Wichtig ist der Vergleich mit der gesunden Seite.

Die Prüfung der abnormen Überstreckung darf nicht vergessen werden, Vorhandensein dieser Überstreckung deutet auf Verletzung beider Kreuzbänder.

Einen lokalisierten Druckschmerz gibt es nicht für die Kreuzbandläsion. Trotzdem sind die Verletzungen der Ligg. cruciata oft von starken Schmerzen begleitet. Bei Schmerzen, Unsicherheit im Knie und Schwäche nach einem vorausgegangenen Unfall denke man an Kreuzbandverletzung und fahnde sorgfältig danach *(Bircher)*.

Die Kreuzbandschädigung ist meist vereint mit anderen Binnenverletzungen des Kniegelenks. Die isolierte Ruptur eines Kreuzbandes durch Trauma ist nach *Bircher* ein sehr seltenes Vorkommnis und in der Literatur nicht einwandfrei nachzuweisen. *Wittek* veröffentlichte 29 Fälle, bei denen als einziger bei der Operation zu erhebender Befund eine Verletzung der Kreuzbänder gefunden wurde. Leider ist nicht zu ersehen, ob durch Trauma direkt eine isolierte Kreuzbandverletzung eingetreten war oder ob nach einer geringfügigen Verletzung dissezierende Prozesse zu diesen Befunden geführt haben.

In der überwiegenden Zahl der veröffentlichten Fälle ist die Kreuzbandläsion n e b e n anderen Verletzungen zu finden. *Wittek* fand bei 110 Meniscusoperationen 28 mal eine Mitbeteiligung der Ligg. cruciata, *Bircher* 20 mal. Bemerkenswert ist die Beteiligung medialer Meniscus-vorderes Kreuzband, worüber bereits an anderer Stelle gesprochen wurde.

Die an den Kreuzbändern vorkommenden Verletzungen sind in der Hauptsache auf das vordere Kreuzband beschränkt. So hat *Groves* von 14 Fällen 10 mal das vordere, 2 mal das hintere und 2 mal beide Kreuzbänder zerrissen gefunden, *Perthes* 6 mal das vordere, einmal das hintere und einmal beide, *Wittek* von 56 Fällen 49 mal das vordere Kreuzband und 7 mal das hintere. Aus diesen Zusammenstellungen geht hervor, daß in der überwiegenden Zahl der Fälle nur das vordere Kreuzband beteiligt ist.

Die Verschiedenheit der Verletzung ist zunächst abhängig von der Stärke der Gewalteinwirkung und dann besonders von Alter und Konstitution des Patienten *(Seifert)*. Bei einer Distorsion werden die Bänder gezerrt, reißen ein, selten auch quer durch oder werden aufgefasert. Abrisse am Knochenansatz sind häufig. Gibt das Band nicht nach, wird der Knochenansatz mit ausgerissen. Entsprechend der je nach der Bewegungsphase gespannten Partien der Kreuzbänder findet man bei den isolierten Kreuzbandverletzungen nur einzelne Bündel zerrissen und nie das ganze Band. Knorpel-Knochenstücke werden immer nur durch Vermittlung eines kleinen Bündels herausgerissen und zwar durch das gerade am stärksten gespannte. Diese wenigen Bandfasern atrophieren nach *Goetjes* dann bald und geben das Knorpel-Knochenstück frei. Über die Häufigkeit der einzelnen Verletzungsformen gehen die Ansichten auseinander. So hat *Perthes* nie Zerreißungen von Kreuzbändern gesehen, sondern immer nur Abrisse und z. T. Ausrisse. Das vordere Kreuzband war 7 mal am femoralen und einmal am tibialen Ansatz ausgerissen. *Wittek* beschreibt Auflockerung, Überdehnung, Längsspaltung, queren Einriß, Zerreißung nur der vorderen Fasern und gänzliches Fehlen des Kreuzbandes. Die Bandreste an den Ansätzen sind manchmal knorpelig oder zystisch degeneriert. 16 mal war das vordere Lig. cruciatum am Femurcondyl abgerissen, 5 mal am tibialen Ende, 5 mal quer durchgerissen. Er sah 5 mal Auffaserungen, einmal eine Narbe im Kreuzband und in 4 Fällen fehlte das vordere Kreuzband ganz. Von den 7 Verletzungen des hinteren Kreuzbandes waren 3 partielle Risse und 3 mal der femorale Ansatz ausgerissen. Einmal zeigte das hintere Kreuzband einen Querriß. *Wittek* schreibt, daß nach eigener und anderer Erfahrung bei reiner Hyperextension der Ort der Rißstelle am Knochenansatz, Femur oder Tibia, zu suchen sei. Eine seltene Kombination ist z. B. die von *Wittek* gesehene Vereinigung von Verletzung des vorderen Kreuzbandes mit dem lateralen Meniscus. Wie schon an anderer Stelle beschrieben, führt man solche Kombination mangels anderer Erklärung auf die Folge von mehreren Traumen zurück, ob mit Recht, sei dahingestellt.

Auffallend ist, daß das Schubladenphänomen erst im weiteren Verlauf der Kreuzbandruptur deutlich wird. Es entwickelt sich erst nach Wochen und Monaten. *Mandl* glaubt daher, daß die Kreuzbandläsion nicht rein traumatisch ist, sondern im Anschluß an ein Trauma dissezierende Prozesse

sich entwickeln. Diese Meinung *Mandls* geht Hand in Hand mit den Untersuchungen *Pfabs* über die Blutversorgung der Kreuzbänder. Er kam dabei zu dem Resultat, daß bei Kontinuitätstrennung die Aussichten auf Heilung sehr schlecht seien. Durch einen Abriß oder auch nur durch einen Einriß in die Synovialis wird die Ernährung des Kreuzbandes erheblich gestört, besonders in den tibianahen Partien. Überall da, wo der Binnenüberzug des Kniegelenks fehlt, dringt die Synovia ein und ist mit Hilfe ihrer Fermente imstande, verdauend zu wirken. *Bier* hat beobachtet, daß Knochenbrüche, die mit dem Gelenk in unmittelbarer Beziehung stehen, sehr langsam heilen und evtl. gar keinen Callus bilden. Genauere Untersuchungen haben ergeben, daß die Synovia die Möglichkeit hat in den Bruchspalt hineinzulaufen und durch eine spezifische Eigenschaft, — *Bier* nennt es „Synovin" — den Heilungsprozeß aufzuhalten, ja kleine Knorpel und Knochenstücke aufzulösen.

Die neueren *Untersuchungen* Podkaminskys haben ergeben, daß bei normalen Verhältnissen die Aufgabe der Synovia darin besteht, den Produkten der Lebenstätigkeit der Gelenkwandungen einen zum Einsaugen durch die Synovialis tauglichen Zustand zu geben. Er hat in der Synovia Diastase, Lipase und Protease gefunden, dagegen keine Katalase. Leider hat er nicht untersucht, wie sich ein Bluterguß ins Kniegelenk auswirkt. Ein Bluterguß schafft immer eine starke Entzündung und damit zweifellos veränderte chemische Zusammensetzung der Synovia, was sich wiederum auf die resorbierende Tätigkeit auswirken muß. Der Bluterguß spielt bei der Verletzung oder Zerreißung des Kreuzbandes und ihren schlechten Heilungsaussichten sicher eine große Rolle. Was *Bier* von den Heilungsverzögerungen an Knochen und Knorpel gesehen hat, gilt sicher auch für das Kreuzband, dem nach einer Zerreißung der Schutz gegen die Resorption, die Synovialis, fehlt, und das dadurch, daß die Synovialis fehlt, obendrein in seinen Lebensbedingungen gestört ist.

So wären die Beobachtungen von *Wittek* zu verstehen, der mehrmals nicht den geringsten Kreuzbandrest gefunden hat. Ebenso die Ansicht *Goetjes*, daß die verletzten Bandabschnitte atrophierten und dadurch die ausgerissenen Knorpel-Knochenstücke freigäben.

Eine weitere physiologische Aufgabe der Synovia ist es die C-Knorpel zu ernähren. Aus dieser aufbauenden Tätigkeit der Synovia muß man wohl auch die Tatsache verstehen, daß

die ausgerissenen Knochenstücke nach einiger Zeit mit Knorpel ringsum bedeckt sind, also auch an der Bruchstelle und daß diese Knorpeldecke auch noch wachsen kann. Unter welchen Bedingungen das Knochenstück resorbiert wird und wann es als freier Gelenkkörper mit Knorpel überzogen wird, müßte noch Gegenstand weiterer Nachforschungen sein.

Daran anknüpfend sind Regenerationen von Kreuzbändern erklärlich, die von vielen nach der wieder gewonnenen Funktion und dem wieder verschwundenen Schubladenzeichen angenommen wurden, daneben aber von anderen tatsächlich bei Operationen gesehen sind. *Payr* schreibt, es gäbe Regenerationen von Kreuzbändern, wie Totalluxationen mit nachfolgender Führungssicherheit und normaler Funktion beweisen, bei denen dann auch das Schubladenzeichen fehle *(Riese). M. Frei* beschreibt 9 reponierte Totalluxationen des Kniegelenks, davon 8 mit beweglichem Kniegelenk ausgeheilt, 4 Soldaten voll dienst- und marschfähig. Er selbst, *Payr,* habe bei Nachoperationen von Gelenkplastiken deutliche, in der Form nicht ganz ideale Regenerate von Kreuzbändern gesehen. Das Keimgewebe sei der Mutterboden für das Regenerat gewesen. Wittek wendet sich auf Grund der Erfahrungen von 200 operierten Kniegelenken gegen die Ansicht von *Payr,* daß Verletzungen von Kreuzbändern von selbst heilten. Bei der Operation veralteter Fälle zeigten sich zumeist nur Reste des Kreuzbandes am Tibiaansatz, die den Anschluß an den femoralen Ansatz nicht erreicht haben.

Aus derselben Klinik schreibt *Pfab,* daß er von der Gefäßversorgung ausgehend und auf Grund der praktischen Ergebnisse des orthopädischen Spitals zu Graz annehmen zu können glaubt, daß bei der Kontinuitätstrennung das vordere Kreuzband — das kommt fast nur in Frage — eine Wiedervereinigung der ein- und abgerissenen Teile eintreten könne. Bei der Auffaserung des Kreuzbandes komme es aber zur Entwicklung von reichlich Bindegewebe und zu einer Verlängerung des Bandes, wodurch, die nachträgliche Schrumpfung abgerechnet, die Funktion leide.

Man kann sich schwer vorstellen, daß bei Trennung der Kontinuität die beiden Enden sich von selbst finden können. Es ist also durchaus ungewiß, ob eine Heilung eintritt oder nicht. In der Literatur findet man die Ansicht überwiegen, daß die Aussichten ungünstig seien.

Anders werden die Aussichten der Operation beurteilt. So kommt *Pfab* zu dem Ergebnis, daß bei rechtzeitiger

Wiedervereinigung und Anschluß an die Gefäßversorgung die Aussichten für die Naht günstig wären. Er schreibt dazu: Abrisse am femoralen Anteil, wo die Gefäßversorgung am reichlichsten ist, werden durch Raffnähte oder durch Seidennahtbefestigung am ausgerissenen Stumpf bestimmt zu einer Restitutio ad integrum führen. Aber auch Abriß am tibialen Teil werden durch Beteiligung des Fettkörpers und der geringen Gefäßversorgung fest.

Darüber, wann man operieren soll, besteht noch keine Einigkeit. Konservativ eingestellte Ärzte warten zunächst ab, ob eine Spontanheilung eintritt, andere raten zur Frühoperation, so *Morian*, damit die Muskelatrophie nicht zu stark werde. Man kann aber wohl sagen, daß je später operiert wird, desto schlechter die Aussicht wird, mit einer einfachen Naht auszukommen. Dann muß mit einer mehr oder weniger komplizierten Bandplastik ein Ersatz versucht werden.

Aus dem Schrifttum über Plastik.

Aus der von Goetjes 1913 veröffentlichten Zusammenstellung der bis dahin bekannten 23 Fälle von Kreuzbandverletzungen geht hervor, daß 1899 *Pagenstecher* als 1. Kreuzbandnähte ausgeführt hat. Zuerst nähte er ein hinteres Kreuzband und bald darauf ein vorderes. 1903 folgte ihm *Pringle* mit 2 Fällen und *Robson* mit einem Fall.

Die erste Kreuzbandplastik hat *Grekow* ausgeführt. *Hesse* hat auf dem Chirurgenkongreß 1914 darüber berichtet:

Luxation des Kniegelenks. Es besteht starke seitliche Beweglichkeit und Luxationsmöglichkeit der Tibia nach vorne. Operation 14 Tage nach dem Trauma: Riß beider Ligg. cruciata, von den Kreuzbändern ist nur ein kurzes Fragment an der Tibia vorhanden. Lig. patellare proprium gerissen, Patella nach außen dislociert. Zwei Streifen aus der Fascia lata werden durch Bohrlöcher am Femur befestigt und dann kreuzweise mit den Resten der Ligg. cruciata an der Tibia-Gelenkfläche vernäht. Naht des Lig. patellare proprium ebenfalls mit Fascienstreifen. Glatte Wundheilung, guter funktioneller Erfolg, keine seitliche Beweglichkeit.

Leider ist über die Zugangsoperation und über den Verlauf der Bohrlöcher nichts gesagt.

Die nächste Kreuzbandplastik ist von *Hölzel* beschrieben und von *zur Verth* 1916 ausgeführt:

1914 erster Unfall. In der Folgezeit war Patient wegen Kniedistorsion in Behandlung. Zuletzt zunehmende Unsicherheit und Haltlosigkeit. Mehrmals Subluxationen beim Trep-

pensteigen. Das Schubladensymptom ist aktiv auslösbar. In Beugestellung von 130 Grad erscheint ein deutliches Knacken, das der Patient auch willkürlich hervorrufen kann. Mit diesem Befunde Aufnahme auf das Lazarettschiff Sierra Ventana. Diagnose: Spätform der Verletzung des vorderen Kreuzbandes, gleichzeitige Meniscusverletzung wahrscheinlich. Operation: Eröffnung des Kniegelenks mit leicht bogenförmigem Schnitt an der Außenseite des Knies. Längsdurchtrennung der Kniescheibe mit Giglisäge. Der vordere Teil des lateralen Meniscus ist nach hinten umgebogen und haftet nur noch an seiner Ursprungsstelle. Die obere Fläche sieht nach unten. Gewebe narbig verändert. Das vordere Kreuzband ist abgerissen und fehlt bis auf einen Stumpf am Femur. Kein Knochenausriß. Das hintere Kreuzband ist nicht deutlich sichtbar und fühlbar, die Reste sind bindegewebig und fettig degeneriert. Ersatz durch den verletzten lateralen Meniscus, wodurch eine nicht einfache Anheftung eines Fascienstreifens an der Tibia erspart wird. Von dem Meniscus werden 2 Streifen zurecht geschnitten, durch den hinteren Streifen wird das hintere Kreuzband ersetzt, der vordere Streifen wird mit dem Stumpf des vorderen Kreuzbandes am Femur vernäht, sodaß es sich bei einer Beugestellung von 90 Grad anspannt. Die Reste des Meniscus werden entfernt. Naht der Patella mit Fascie, Naht des oberen Recessus, der Quadricepssehne, des Lig. patellare, Hautnaht, Gipsverband.

Nach 14 Tagen Abnahme des Gipses. Beginn mit aktiver und passiver Bewegung. Nach 3 Wochen Beugen bis zu einem rechten Winkel, schmerzlos. Nach 6 Wochen Entlassung: Narbe reizlos, aktive Beugung um 100 Grad, passive Beugung noch weitere 15 Grad. Gang rasch und sicher. Keine Unsicherheit im Knie, kein Knacken, kein Schubladensymptom. Dienstfähig als Maschinistenmaat entlassen.

6 Wochen nach der Entlassung bei einer unvorsichtigen Bewegung lautes Knacken im linken Knie und Auftreten der alten Beschwerden.

Zur Verth hat also bei der Operation gefunden, daß der laterale Meniscus beschädigt war, aber an seinen beiden Ansätzen noch festsaß. Er schnitzte 2 Stücke, das eine vom vorderen, das andere vom hinteren Ansatz ausgehend und verwendete die Meniscusstreifen als Ersatz der Kreuzbänder. Der Gedanke, kniegelenkeigenes Material zu verwenden, ist gut. Ob sich aber die Menisci als Material so gut eignen, muß doch bezweifelt werden. Es ist beabsichtigt, ein festes elastisches Band zu erhalten. Bei der schlechten Ernährung der

Menisci darf man aber nur ein minderwertiges Bindegewebe erwarten.

In diesem Falle ist 12 Wochen nach der Plastik der alte Zustand wieder eingetreten. Es gibt die Möglichkeit der Erklärung dafür, daß ein neues Trauma das noch etwas geschwächte Kniegelenk getroffen hat. Mir scheint es aber näher zu liegen, daß die mangelhaft ernährten Meniscusstreifen entartet sind und einer Spannung nicht mehr standhalten konnten.

Über die Zugangsoperation, die von *zur Verth* und im Folgenden auch von *Perthes* angewendet wurde, ist zu sagen, daß sie heute wohl im allgemeinen abgelehnt wird. Es gibt so gute Zugangsoperationen zum Kniegelenk, daß man die Methode der Längsspaltung der Patella gut entbehren kann. Bei noch so guter Anpassung der Stücke, bei der Naht bildet sich doch früher oder später eine Arthritis deformans aus, unter der die Patienten mehr leiden als die ganze Operation genützt hat. Verwendet wird heute im allgemeinen der mediale S-Schnitt von *Payr*. An der Marburger Klinik wird folgende Zugangsoperation zum Kniegelenk ausgeführt: Der Hautschnitt hat Z-Form. Er baut sich auf einem halben Textorschen Bogenschnitt auf, der auf dem Gelenkspalt von der Patella aus ca. 5 cm nach medial verläuft. An diesen Schnitt setzen sich nach oben und nach unten zu je ein Längsschnitt daran, nach unten entlang dem medialen Rande der Patellarsehne, nach oben am medialen Rand des Vastus. Der mediale Bandapparat wird durchschnitten und der vordere Recessus nach medial gespalten. Dieser Schnitt schafft einen noch besseren Zugang zum Gelenk als der *Payr*-Schnitt und wird für Meniscus- und Kreuzbandoperationen bevorzugt. Der mediale Streckapparat läßt sich nachher gut nähen. Der Schnitt ist an hunderten von Knien erprobt. Nachteile aus dieser Methode z. B. Wackelknie sind nie beobachtet worden.

Ähnlich wie *zur Verth* hat *Petraschewskaja* 1923 den lateralen Meniscus zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes herangezogen mit dem Unterschied, daß er durch ein Bohrloch am äußeren Femurcondyl durchgezogen und fixiert wird. Näheres besonders über die Länge des Meniscusstreifens ist nicht angegeben. Nach 2 Monaten normale Funktion. Eine Spätuntersuchung fehlt.

Matti versucht den Ersatz des gerissenen vorderen Kreuzbandes durch extraarticuläre freie Fascientransplantation (1918). Eröffnung des Kniegelenks durch einen schrägen bogenförmigen Schnitt von der Mitte des Lig.

patellae bis zur Hinterfläche des Condylus medialis femoris. Der mediale Meniscus war an seiner Vorderfläche vollständig losgerissen und durch Einklemmung stark verändert. Das Lig. cruc. ant. war an seinem vorderen Ansatz zu $^2/_3$ abgerissen, der centrale Stumpf aufgefasert und atrophisch. Die Gelenkkapsel wird wieder zugenäht, die Haut wird nach beiden Seiten zurückpräpariert. Ein 8 cm langer und 4 cm breiter Streifen Fascia lata wird in der Längsrichtung gedoppelt und auf die fibröse Gelenkkapsel außerhalb des Bereichs der Gelenkhöhle aufgenäht. Verlauf: von hinten-oben schräg nach vorne-unten. Obere Ansatzstelle hinter dem oberen Ansatz des medialen Seitenbandes, untere Ansatzstelle über dem Vorderrande des inneren Tibiakopfes. Naht der Fascie, Hautnaht. 3 Wochen Fixation in Schiene, dann vorsichtige Massage, Heißluft, Bewegung. Erfolg: Verschieblichkeit des Tibiakopfes erheblich vermindert, das Gefühl der Unsicherheit und Schwäche besserte sich, ebenso die Funktionstüchtigkeit.

Matti umgeht so die Schwierigkeiten der Fixierung des neuen Kreuzbandes im Kniegelenk und die Frage des Ersatzmaterials. Das Schubladensymptom ist bei seinem Fall nicht ganz verschwunden. Unsicherheit und Funktionstüchtigkeit haben sich nur gebessert. Die Funktion eines Bandes, das direkt am Knochen angreift, ist durch ein anderes Band, das durch Vermittlung der Kapsel und Sehnen wirkt, nicht nachzuahmen.

Groves veröffentlicht 1920 eine Serie von 14 Kreuzbandplastiken aus der Zeit 1917—1920. Er benutzt ebenso wie vor ihm *Grekow* Streifen aus der Fascia lata, die durch Knochenkanäle durch Tibia und Femur fixiert werden, während *Grekow* an der Tibia noch Bandreste vorfand und daran die Fascienstreifen nähen konnte. Die Verletzung bei *Groves* Fällen erfolgte immer mit großer Gewalt, Verschüttung oder Granatverletzung.

Zugangsoperation: U-förmiger Schnitt auf der Innenseite des Kniegelenks entlang den Beugesehnen absteigend, um die Tuberositas tibiae herum und fingerbreit außerhalb der Patella wieder aufsteigend. Die Tuberositas wird breit abgemeißelt und die Kniescheibe nach oben geschlagen. Nachdem das Gelenk weit eröffnet ist, ist die Bandverletzung sofort sichtbar.

Ersatz des vorderen Kreuzbandes: Erster Knochenkanal mit Drillbohrer durch den äußeren Condylus zum Ansatzpunkt des vorderen Kreuzbandes vor der Eminentia intercondyloidea

zur Vorderfläche des Schienbeins. Ein ca. 20 cm langer und 4 cm breiter Streifen aus der Fascia lata wird losgelöst und einmal längsgefaltet. Dieser Streifen wird, außen am Condylus anfangend, durch den Condylus in das Gelenk und durch den Bohrkanal der Tibia wieder herausgezogen. Das Ende wird als Ersatz des Lig. collaterale mediale am Epicondylus internus fem. befestigt. Befestigung unter straffem Anziehen bei gebeugtem Knie mit Nähten und Elfenbeinstiften. Verschluß des Gelenkes mit Kapsel- und Hautnaht.

Zum Ersatz des hinteren Kreuzbandes beschreitet *Groves* einen neuen Weg. Er verwendet die Sehnen des Semitendinosus und Gracilis, die an ihrem Ursprung abgetrennt werden. Die Muskelstümpfe werden mit dem Semimembranosus vernäht. Die Sehnen werden durch die hintere Kapsel, zwischen Hinterhorn des medialen Meniscus und dem Schienbeinkopf nach vorn und dann durch einen Kanal, der horizontal möglichst hoch und vorn den medialen Condylus durchbohrt, gezogen. Sodann werden sie bei gestrecktem Knie am medialen Rande des Schienbeinkopfes straff vernäht.

Die Nachbehandlung der Kreuzbandplastik verlief folgendermaßen: Dorsale Schiene bei gestrecktem Beine, leicht gebeugt, nur wenn vorher ein Genu recurvatum vorhanden war. Nach 2—3 Wochen Massage und Elektrisieren. 6 Wochen nach der Operation Aufstehen mit Gipsverband.

Kein Fall war nach der Operation schlechter. 4 Fälle nicht besser (2 Rupturen beider Kreuzbänder, 2 Rupturen nur des vorderen Ligaments). 4 Fälle mäßig gebessert und 4 Fälle geheilt, im aktiven Militärdienst oder bürgerlichen Beruf. 2 Patienten noch in Heilung.

Die Zugangsoperation bei *Groves* ist der medialen Längsspaltung der Patella bei weitem vorzuziehen, sie ist in Deutschland für andere Zwecke üblich, z. B. für die operative Mobilisierung des Kniegelenks *(Lexer, Payr)*. Sie hat aber auch Schattenseiten, da sie wieder eine Knochenoperation ist und die Wiederanheilung der temporär abgemeißelten Tuberositas tibiae geraume Zeit beansprucht.

Groves macht richtigen Bandersatz mit Fascia lata. Die Knochenkanäle sind so angelegt, daß der Verlauf des neuen Bandes vollkommen den normalen anatomischen Verhältnissen entspricht. Wie bei allen diesen Plastiken ist der Hilfsweg lang und der Nutzweg kurz. Es läßt sich für die Kreuzbänder aber nur schwer besseres finden, wenn man nicht Reste vorfindet, an die man das neue Band annähen kann.

Zum Ersatz des hinteren Kreuzbandes, Sehnen zu verwenden, ist einleuchtend. Die starken Sehnen des Semitendinosus und des Gracilis sind gewohnt, strammen Zug auszuhalten. Für die Funktion des Kreuzbandes sind sie sicher geeignet. Ob es aber angängig ist, die beiden Muskeln durch diese Operation ihrer Funktion zu berauben, ist fraglich. Über den Ersatz des hinteren Kreuzbandes hat noch niemand viel Erfahrung, da das hintere Kreuzband im Vergleich zum vorderen selten zerreißt. Wie sich die Sehnen als Fremdkörper im Kniegelenk verhalten, ist ebenfalls fraglich. Die Resultate von *Groves* sind keineswegs ermutigend.

Der Kreuzbandersatz nach *Grekow-Groves* ist häufig von anderen ausgeführt und beschrieben. Ebenso ist die Methode modifiziert worden. *Putti* hat in 2 Fällen das vordere Kreuzband nach *Groves* ersetzt (1920), beide Male nach voraufgegangener Arthoplastik. Bei dem ersten Falle handelte es sich um einen 14jährigen Knaben, der im 2. Jahre eine schwere Phlegmone des Kniegelenks gehabt hatte und dessen Knie in Beugestellung von 110 Grad ankylosiert war. Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch einen langen Fascienstreifen, der in einem Kanal durch den äußeren Femurcondylus und einen zweiten durch die Tibiaepiphyse eingeführt wurde. Resultat: Ankylose trotz guter Heilung, hauptsächlich wegen des schlechten Willens zum Üben von Seiten des Patienten.

Beim zweiten Patienten wurde wegen Kniegelenksversteifung nach Schußverletzung eine Arthoplastik mit gutem Resultat, Beugung bis 90 Grad, ausgeführt. Da sich bald Wackelbewegung und Schubladensymptom einstellten, wurde in einer zweiten Operation neben den Seitenbändern das vordere Kreuzband wie beim ersten Fall ersetzt. Als Material nahm man zu einem Schlauch geschlossene Fascie. Die Enden des Bandes wurden mit Schrauben am Femur und Tibia befestigt. 5 Monate nach der Operation aktive Beugung bis 60 Grad, keine abnorme Bewegung, aber schlechte Beweglichkeit.

Nach *Verbrugge* und *Valls* hat *Putti* bei 3 weiteren Kreuzbandpastiken nach Gelenkmobilisierung ebenfalls gute Erfolge gehabt. Ein 5. Fall von Ersatz des vorderen Kreuzbandes bei Überdehnung und Einriß desselben wurde ebenfalls nach *Groves* behandelt. Nach 2 Monaten Beugung bis 105 Grad, Streckung bis 170 Grad, leichtes Genu valgum. Schubladensymptom angedeutet, Treppensteigen unbehindert.

Madranges hat 1923 bei einem Fall von Zerreißung bei-

der Kreuzbänder nach *Groves* operiert. Nach 3 Wochen Massage, nach 5 Wochen Beginn mit Bewegung. Aufstehen im Gips am 60. Tage, 3 Monate nach der Operation war das Kniegelenk fest, die Streckung normal. Beugung bis 90 Grad. Patient kann mit Stock gehen und Treppen steigen. *Petraschewskaja* hat beide Kreuzbänder nach *Grekow* durch Fascie plastisch ersetzt. Nach 2 Monaten ist der Patient frei, Beugung bis 1 R.

Krida empfiehlt eine modifizierte Groves'sche Operation. Freilegung des Kniegelenks mit Bogenschnitt von vorn. Erster Knochenkanal durch den äußeren Condylus femoris zu den hinteren Teilen der intercondylären Gelenkfläche, zweiter Knochenkanal von der correspondierenden Tibiagelenkfläche zur Tuberositas tibiae. Ein Streifen Fascia lata, der unten gestielt ist, wird durch die Kanäle gezogen. Das überstehende Ende wird als inneres Seitenband zurückgeschlagen und nach Durchbohrung des inneren Femurcondylus mit sich selbst vernäht. Fixierung auf Thomasschiene in 20%iger Beugung. Vom 6. Tage ab wird der Quadriceps aktiv innerviert und von der 2. Woche massiert und bewegt.

Von 3 Fällen sind 2 mit gutem Erfolge ausgeheilt, 2 Patienten trugen längere Zeit Schienen.

Diese Operation von *Krida* ist noch komplizierter als die nach *Groves*. Die Fascie gestielt zu verpflanzen, könnte einleuchten, den überstehenden Rest aber als Seitenband zu verwenden und durch einen 3. Knochenkanal mit sich selbst zu vernähen, erscheint mir sehr schwierig.

Das Tragen von Schienen über längere Zeit, hat sicher einen wesentlichen Anteil am guten Erfolge. Prof. *Klapp* legt größtes Gewicht darauf, daß nach der Kreuzbandplastik mindestens ein halbes Jahr nach der Operation eine Schiene getragen wird, damit das neu eingezogene Band nicht sofort über seine Leistungsfähigkeit, die sicher erst allmählich erworben wird, gespannt wird.

Edwards macht den Vorschlag, die zerrissenen Kreuzbänder durch die Sehnen der Mm. Gracilis und Semimembranosus zu ersetzen. Die Sehnen werden am Ansatz abgetrennt, aber mit dem Muskel in Verbindung gelassen. Vom oberen seitlichen Rand des medialen Femurcondyls wird ein Kanal zur Fossa intercondyloidea gebohrt. Durch den Tibiakopf laufen 2 Kanäle, die vor der Eminentia beginnen und am äußeren bezw. inneren unteren Rand der Schienbeincondylen austreten. Die Sehnen werden gemeinsam durch den Femur-

kanal gezogen und zwar durch den medialen Tibiakanal die Gracilissehne, durch den lateralen die des Semimembranosus. Befestigung durch Vernähen mit dem Tibiaperiost.

Das Verfahren ist als Modifikation von *Groves* und *Smith* gedacht und nur an der Leiche ausgeführt worden.

Daß die Sehnen mit ihren Muskeln in Verbindung bleiben, dient wohl nur der Ernährung, da die Sehnen im Knochenkanal absolut fest einwachsen und an eine Funktion nicht mehr gedacht werden kann.

Forrester berichtet 1926 von einer Operation nach *Groves* zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit voller Arbeitsfähigkeit nach 3 Jahren. Beugung leicht behindert. 1928 hat er 3 weitere Fälle von Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit gutem funktionellem Erfolge.

Desplas hat ebenfalls nach *Groves* das vordere Kreuzband ersetzt (1928) Resultat: Stützfähigkeit in Streckstellung (!) wiederhergestellt. Beim Herabsteigen einer Treppe und beim Niedersetzen ist die Kraft unvollkommen.

Jaroschy (Prag) hat nach derselben Methode das vordere Kreuzband ersetzt. Nach 14 Tagen begann er mit Bewegung, nach einem Monat Gehübungen. 5 Wochen nach der Operation Beugung bis 90 Grad möglich. 5 Monate nach der Operation Arbeitsaufnahme als Schlosser, beschwerdefrei trotz Arthritis deformans. Dreiviertel Jahr nach der Operation: voll arbeitsfähig, Schubladensymptom negativ, Beugung und Streckung frei.

Diese Art der Nachbehandlung ist sehr angreifbar. Das neue Band wird zu früh starker Beanspruchung ausgesetzt, späte Fehlschläge sind dann die Folge. Es empfiehlt sich lange Zeit nachher ein Scharnier tragen zu lassen.

Perthes hat 1926 ein Verfahren angegeben, das an seinem Knochenansatz abgerissene Kreuzband wieder zu befestigen und damit einen wesentlichen Schritt zur Vereinfachung des Kreuzbandersatzes getan. Die Operation 1922 erstmals ausgeführt, verläuft folgendermaßen:

Sichelförmiger Schnitt von 3 Querfinger oberhalb der Kniescheibe in der Mittellinie ausgehend, bogenförmig zum Condylus externus und weiter zur Tuberositas tibiae. Hautlappen nach medial abgelöst bis das Ligg. patellae, Patella und Quadricepssehne freiliegen. Spaltung der Patella in der Mittellinie mit Giglisäge, Auseinanderziehen der Fragmente. (Über die Zugangsoperation siehe früher.)

Der Stumpf des Lig. cruciatum ant. wird angefrischt

und mit Aluminium-Bronzedraht durchflochten. Die Enden des Drahtes ragen an der Anfrischungsstelle hervor. Eine Gegenincision aus eine Knochenpartie oberhalb des Condylus ext. wird angelegt und zwei Knochenkanäle von der Abrißstelle des Kreuzbandes durch den äußeren Condylus zu der freigelegten Stelle gebohrt. Innere Mündungen der Kanäle sind 1 cm von einander entfernt. Die beiden Enden des Aluminium Bronzedrahtes werden mittels Drahtschlinge durch die Kanäle gezogen und außen zusammengedreht. Dadurch wird das Kreuzband an seine alte Insertionsstelle herangebracht. — *Perthes* hat bei allen seinen Fällen genug Material vorgefunden, um das zu erreichen.

Naht der Synovialis mit Catgut, Zusammensetzen der Patella durch Naht der Sehnenfasern mit Seide, Hautnaht. Lagerung auf einer Schiene in leicht gebeugter Stellung. Nach 3 Wochen Aufstehen mit Gipshülse, Heißluft, Massage, passive Bewegungen.

Das Verfahren ist ebenso anwendbar, wenn das vordere Kreuzband an der Tibia abgerissen ist. *Perthes* selbst hat es nur zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes angewendet. Leichenversuche haben ergeben, daß es auch zur Naht beider Kreuzbänder herangezogen werden kann. Bei intaktem vorderen Kreuzband ist der Zugang zum hinteren Kreuzband allerdings nicht möglich.

Die Resultate sind gut, aber meines Erachtens davon abhängig wie lang die Kreuzbandreste sind. Es ist unbedingt nötig, daß die Kreuzbänder ihre Ansatzpunkte erreichen und der Draht vollkommen in die Kanäle verschwinden kann und damit außerhalb des Gelenkes liegt, da er sonst als Fremdkörper starke synoviale Reizung und später arthritische Veränderungen hervorrufen kann.

Seine erste Patientin konnte *Perthes* nach 4 Jahren nachuntersuchen: vollkommen beschwerdefrei, treibt Gymnastik, macht große Fußtouren. Ist einmal auf das Knie gefallen, ohne daß Störungen zurückgeblieben sind.

2. Patient: 2 Jahre nach der Operation beschwerdefrei, leichte praktisch bedeutungslose Hemmung der Streckung, spielt wieder Fußball; nach großer Anstrengung leichter Erguß, der bald zurückgeht.

Der 3. Patient spielt wieder Fußball und ist bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr wieder beschwerdefrei.

Perthes hält sein Verfahren für zweckmäßig, um auch eine mit dem vorderen Kreuzbande ausgerissene Eminentia

intercondyloidea wieder zu befestigen. Er hält es nicht für richtig, ein solches Knochenstück zu exstirpieren. *Kehl* (Siegen) hat 2 solcher Fälle mit Knochenausriß nach *Perthes* operativ behandelt, die beide, ein Ingenieur und ein Bergmann, ihren Beruf voll ausführen können. Nur empfiehlt er mit der Operation 5 Wochen zu warten, der Zeit der normalen Knochenbruchheilung. Wenn dann die Eminentia intercondyloidea nicht angeheilt ist, schreitet er zur Operation. Die Diagnose der Anheilung ist allerdings auch mit Röntgenkontrolle nicht sicher. Auch *Jüngling* (Stuttgart) berichtet über gute Resultate. Ein Fall davon erschien bemerkenswert: Ein 1914 verletzter Mann wurde operiert, der Wackelbewegungen und Schubladenmechanismus aufwies. Das vordere Kreuzband war bis auf einige Zotten zerstört. Es wurde wieder nach *Perthes* operiert und der Draht durch die Reste an der Eminentia intercondyloidea gezogen und dann durch einen Knochenkanal am äußeren Epicondylus befestigt. Die Stabilität schien gut. Nach 4 Wochen lief der Patient ohne Beschränkung. Nach 5 Monaten konnte er das Schubladensymptom aktiv wieder auslösen und verlangte Versteifung des Gelenks. Bei der Resektion zeigte sich, daß der Draht noch an derselben Stelle lag. In der Umgebung keine Spur von Reaktion, insbesondere kein Narbengewebe um den Draht. Da der Patient eine Abfindung haben wollte, glaubt *Jüngling*, daß er das Schubladenzeichen absichtlich wieder hervorgerufen hat, wie das auch Leute mit schlaffen, aber intakten Bändern willkürlich können.

Jüngling hat, da der Kreuzbandrest zu kurz war um bis an den femoralen Ansatz zu reichen, das Kreuzband mit Draht plastisch ersetzt. Verwunderlich ist, daß dieser Fremdkörper im Kniegelenk nicht die geringste Reaktion der Synovialis veranlaßt haben soll.

Haussecker (Pforzheim) hat die *Perthes*'sche Operation anstatt mit Draht mit einem doppelten Seidenfaden ausgeführt und diesen am Femurperiost vernäht. Gutes Dauerresultat.

Seide anstatt des Drahtes zu verwenden, ist eine bedeutende Verbesserung. Sie wird in der Orthopädie besonders von *Lange* zu anderen Zwecken, zur Bildung neuer Sehnen, mit bestem Erfolge verwendet. Sie ist beim plastischen Ersatz der Kreuzbänder dem Drahte unbedingt vorzuziehen.

Wittek benutzte Fascien und Seidenzüge und berichtet über gute Erfolge. *Bircher* verwendet Känguruhsehne, Ochsenfascie oder Catgutzüge.

Ich möchte darauf hinweisen, daß es sich bei der *Perthes*schen Methode nicht um eine reine Plastik handelt, wenn soviel vom Kreuzband vorhanden ist, daß der Anschluß an die Abrißstelle wieder gewonnen wird. In diesen Fällen, wenn das Band unmittelbar am Knochen abgerissen und schon geschrumpft war, haben andere *(Putti)* das Kreuzband ganz reseziert und mit Fascie oder Sehne eine Totalplastik ausgeführt. *Perthes* hat nun den Weg gewiesen, diese Reste noch zu verwerten. Sowie das Kreuzband nur etwas zu kurz ist, wird aus der *Perthes*'schen Operation schon eine Plastik. Die Verwendung des Materials wird in einem späteren Kapitel noch besprochen werden.

Von einer Plastik der Kreuzbänder mit Fascie hält *Perthes* nicht allzu viel. Er hat 1917 einen Fall von Totalplastik des vorderen Kreuzbandes operiert, ohne Erfolg. *Perthes* zweifelt, daß die Fascie auf die Dauer im Gelenk einheilt.

Wittek nahm erneut den Gedanken, den Meniscus als Ersatz des Kreuzbandes zu verwenden auf (1926): Bei der Operation fand sich der mediale Meniscus an seinem Kapselansatz ganz abgerissen, dagegen am Vorder- und Hinterhorn fest. Er war an die Innenseite des inneren Femurcondyls verlagert. Das vordere Kreuzband fehlte vollständig, nur kleine Reste am Femur waren vorhanden. Abtrennung des Meniscus am Hinterhorn, er wird verschmälert, der ursprüngliche hintere Ansatz wird an der Innenseite des äußeren Femurcondyls verschraubt. Da der vordere Teil, wenn er an seinem Ansatze geblieben wäre, an dem medialen Condylus femoris schabte, wurde er, ohne von der Kapsel getrennt zu werden, an die Stelle des tibialen Kreuzbandansatzes verzogen und dort ebenfalls verschraubt. Nach 7 Monaten ist das Knie nahezu vollkommen beweglich. Kein Schubladensymptom, Patient treibt wieder Sport. Ein Röntgenbild ergibt, daß die tibiale Schraube in der Mitte abgeknickt ist, sonst o. B. 8 Monate nach der Entlassung, also 10 Monate nach der Operation ist der Patient beim Rückwärtsgehen in eine Bodenvertiefung getreten. Ein Röntgenbild zeigt, daß die tibiale Befestigungsschraube abgebrochen ist und ein Stück frei im Gelenk liegt. Bei der Operation ergab es sich, daß der als Kreuzband verwendete Meniscus zu einem starken, mit Synovialis überzogenen Strange umgewandelt war, der an den Ansatzstellen vollkommen festsaß. Der Strang wird bei einem Versuch der Subluxation nach vorn deutlich angespannt und verhindert die Verschiebung. Am medialen Femurcondyl fand sich in der

sagitalen Krümmung eine schmale Rinne, die von dem tibialen Schraubenkopf herzurühren scheint. Anzeichen einer Arthitis def. seien nicht vorhanden gewesen.

1927 teilte *Payr* mit, er habe bei Untersuchungen festgestellt, daß an der Fossa intercondyloidea die Corticalis erheblich fester sei als am übrigen Röhrenknochen. Dort bohrt er an der Ansatzstelle des vorderen Kreuzbandes 2 Löcher, durch die er, an dem einen hinein, zum anderen heraus, mit einer Unterbindungsnadel oder einer Drahtöse, eine Fascienschlinge zieht, die mit Paraffin-Seidennähten am Kreuzbandstumpf befestigt werden.

Weil (Breslau) hat versucht, das Kreuzband nach dem *Payr*'schen Vorschlag zu ersetzen, was ihm aber nicht gelungen ist. Stattdessen hat er den üblichen Knochenkanal gebohrt. Da der Patient sich noch in Behandlung befand, konnte er über das Resultat keine Mitteilung machen.

Die nächsten Kreuzbandplastiken mit Meniscus hat *Wittek* auf Grund der Erfahrungen des ersten Falles und der Ergebnisse von *Pfabs* Untersuchungen, auf die ich später noch zu sprechen komme, folgendermaßen ausgeführt: Durch das hintere Kreuzband hat er eine starke Seidennaht gelegt, auf die der entsprechend zugeschnittene Meniscus der Länge nach aufgezogen wurde. Der Seidenfaden wird durch einen Bohrkanal an die Vorderfläche der Tibia geleitet. Die Erfolge bei 3 operierten Fällen sollen gut sein.

Damit hat *Wittek* eine von der ersten Methode grundsätzlich verschiedene Operation ausgeführt. Es ist nicht mehr wie bei der ersten Operation der Meniscus der Träger der primären Festigkeit, sondern der Seidenfaden. Nach *Lange* bildet sich bei Beanspruchung der Seidensehne um diese herum eine neue Sehne, die die Funktion dann übernimmt. Die Bedingung für das Wachsen dieser neuen Sehne ist aber das Vorhandensein von Gewebe, von Zellen, aus denen es sich bilden kann. Das Verfahren *Witteks* die Seidensehne mit Meniscus zu umgeben, mag ein Weg sein, solches Gewebe an die sonst frei im Gelenk laufende Sehne zu bringen. Auf diese Frage werde ich später noch zurückkommen.

Rey operierte nach *Grekow*, nach $1^1/_2$ Jahren waren Schubladensymptom und Schlottergelenk beseitigt, Beugefähigkeit bis 60 Grad vorhanden, arbeitsfähig als Schrankenwärter.

Ludloff (1927) hat sich bemüht, beim Ersatz des vorderen Kreuzbandes die komplizierte Funktion des Bandes nachzuahmen, was mit einem einfachen Fascienstreifen nicht mög-

lich ist. Er verfuhr dabei folgendermaßen: Bohrlöcher durch die Tibia und dem lateralen Femurcondyl, entsprechend den Ansatzstellen des vorderen Kreuzbandes. Ein 15cm langes und 8 cm breites Stück Fascia lata des anderen Oberschenkels wird herausgenommen und durch einen Seidenfaden herumgerollt, so daß ein zylindrischer Strang entsteht. Oben und unten wird der Strang mit Seidenfäden umschnürt und mit der Seidenseele vernäht. Dieser Strang wird durch die Bohrlöcher eingezogen. In Streckstellung wurde der Strang fest angezogen, die Ende so abgeschnitten, daß die Umschnürungen oben und unten wegfallen. Keine Naht! Bei leichten Beugeversuchen kein Schubladenphänomen. Fixation auf Volkmannscher Resektionsschiene in leichter Beugung. Nach 14 Tagen vorsichtige Bewegungen und Massage. 25 Tage nach der Operation Aufstehen und Gehen. Nach 7 Wochen Entlassung mit dem Gefühl voller Festigkeit. Beugung von 180 Grad bis 100 Grad.

5 Monate p. Op.: Patient arbeitet als Landwirt, Beugung aktiv bis 75 Grad, kein Schubladenphänomen, Sicherheit beim Treppensteigen.

Ludloff erscheint es wichtig, die Enden des Stranges nicht mit Nähten zu verankern, um damit eine gewisse Elastizität zu erhalten und damit der Strang sich der funktionell bedingten Lage anpassen kann. *Ludloff* meint, daß das gewünschte Gleiten nicht nur zwischen Bohrlochwand und Stranghülle, sondern auch im gerollten Strang selbst stattfinden wird. Meines Erachtens ist der Strang bei Beginn der Bewegung nach 14 Tagen bereits so fest mit der Bohrlochwand und in sich selbst verklebt und verwachsen, daß ein Gleiten nicht mehr möglich ist. Bei diesem Falle wie bei einem zweiten Falle, der nach derselben Methode mit zunächst günstigem Erfolge behandelt ist, fehlen die Spätresultate.

Gold (1929) ersetzt das vordere Kreuzband aus der Kniegelenkskapsel: Medialer S-Schnitt nach *Payr*, Patella lateralwärts luxiert, Menisci intakt. Vorderes Kreuzband bis auf einen schlaffen Rest verschwunden, Knochenkanal von einem Punkt medial der Tuberositas tibiae zu einem Punkt knapp vor der Eminentia intercondyloidea. Breitbasig gestielter Fascienlappen aus dem seitlichen Streckapparat unter Schonung der Seitenbänder wird durch diesen Kanal gezogen und am hinteren Kreuzband nahe am Ursprung mit 3 seidenen Knopfnähten angenäht. Naht der Synovialkapsel, Fasciennaht, Hautnaht. 4 Wochen Gipshülse in Streckstellung, dann aktive Beugung.

Nach 8 Wochen ist die seitliche Bewegung fast verschwunden, Schubladensymptom negativ, zeitweise Schmerzen im Gelenk. Aktive Beugung um 90 Grad. Nach 6 Monaten Aufnahme der Tätigkeit in der Apotheke und kleine Bergtouren.

Nach derselben Methode hat Mandl operiert und nach 3 Monaten den Patienten mit guter Funktion und normalem schmerzlosen Gehen entlassen.

Die Kreuzbandbefestigung ist unsicher. Solange die Naht hält, wird die Funktion gut sein. Eine organische Verbindung zwischen Fascie und Kreuzband ist unwahrscheinlich.

Bei beiden Fällen fehlt die Spätuntersuchung.

Die isolierte Plastik des hinteren Kreuzbandes ist sehr selten. Ich habe nur einen Fall in der deutschen Literatur gesehen. Er ist von *Jaroschy* beschrieben: Operation einen Monat nach dem Unfall: Medialer S-Schnitt, teilweise Ablösung des Lig. patellae: Menisci intakt. Vorderes Kreuzband erhalten, zeigt Neigung zum Abreißen. Vom hinteren Kreuzband steht ein ausgefranzter Rest am Femuransatz, der tibiale Ansatz läßt sich nicht sichtbar machen.

Knochenkanal durch den medialen Condylus femoris, dessen innere Mündung dem Ansatz des hinteren Kreuzbandes entspricht. Ohne große Verletzung des vorderen Kreuzbandes ist ein Kanal durch die Tibia nach hinten nicht zu bohren. Es wird darauf verzichtet und der zur Entnahme des Fascienstreifens verwendete Schnitt in die Kniekehle verlängert. Medial vom Ansatz des Biceps und des lateralen Gastrocnemiuskopfes wird die hintere Tibia-Gelenkfläche auf eine kurze Strecke freigelegt und die hintere Kapselwand mit einer Kornzange durchstoßen. Der Fascienstreifen (Fascia lata) wird nach vorn durchgezogen. Hinten wird er in der Gegend des tibialen Ansatzes des hinteren Kreuzbandes an das Periost, das Lig. transversum und hintere Kapsel mit 6 seidenen Knopfnähten vernäht. Das andere Ende des Streifens wird hinten und medial vom vorderen Kreuzband durchgeführt durch den Knochenkanal im medialen Condylus gezogen und das freie, 5 cm lange Ende am Periost und den Weichteilen unter Spannung fest vernäht. Schichtnaht, Gips in leichter Beugestellung.

Nach einem Monat Beginn mit vorsichtigen Bewegungen, bald auch Gehversuche.

45 Tage p. Op.: Entlassung. Nach 9 Monaten: Patient arbeitet als Maurer 8 Stunden täglich, nicht voll arbeitsfähig. Beschwerden und Schmerzen beim Bergabgehen und auch

beim Springen. Strecken vollkommen, Beugen bis 70 Gr. Verschiebung des Unterschenkels in Beugestellung um einige Millimeter nach hinten möglich.

Jede Operation in der Kniekehle ist wegen der Nachbarschaft der großen Gefäße und Nerven gefürchtet. Die Befestigung des Bandes nach hinten am Periost ist unzuverlässig. Der Zugang zum Gelenk mit Durchstoßen der Kapsel durch Kornzange ist kein sympathisches Vorgehen.

Definitives Resultat ist nicht gut. Das Schubladensymptom ist vorhanden. Maurertätigkeit ist nicht sehr beweiskräftig. Dieser Fall ist kein Beweis für die Möglichkeit, das hintere Kreuzband zu ersetzen.

Farkas (1930) macht den Versuch, bei Verlust beider Kreuzbänder den Ersatz durch eine Kombination von vorderem und hinterem Kreuzband herzustellen: Trauma vor 4 Jahren, kein Schubladensymptom, seitliches Wackeln auch in Extension um 15 Grad. Starke Valgusstellung.

Eröffnung mit *Payr*-Schnitt, einige Gelenkmäuse werden entfernt. Vom vorderen Kreuzband nicht der geringste Rest vorhanden, vom hinteren nur einige Stränge. Als Ersatz wird 3fach gewundene Seide verwandt. Die Knochenkanäle durch Femur und Tibia werden so angelegt, daß das neue Band von der Eminentia intercondyloidea zum medialen Femurcondylus läuft.

Resultat: Nach 2 Monaten Gehen mit Apparat zur Verhütung von Rotation und Seitenbewegung. Valgusstellung unverändert. Flexion bis 110 Grad, keine Seitwärtsbewegung. Gehen mit und ohne Apparat ohne Beschwerden.

Durch diese Methode wird eine Verwirrung der Bandverhältnisse hervorgerufen. Wenn die komplizierte Funktion beider Kreuzbänder mit einem Bande zu erreichen wäre, hätte der Körper selbst zu diesem Mittel gegriffen. Die Valgusstellung hätte man korrigieren müssen.

Zuletzt noch einen Fall, den Prof. *Klapp* 1931 operiert hat: 1924 Unfall beim Sport. Ständige Unsicherheit und Schmerzen im linken Kniegelenk, die sich immer mehr steigerten.

Operation in Aethernarkose: Eröffnung des Kniegelenks durch Z-Schnitt an der Innenseite (schon früher beschrieben). Nach Eröffnung des Kniegelenks zeigt sich, daß neben einem mäßig entwickelten Pannus an der Innenseite der Gelenkfläche der Oberschenkelcondylen beide Kreuzbänder abgerissen sind. Durch mehrere fortlaufende Nähte werden die

beiden Rißstellen der Kreuzbänder, die geschrumpft sind und sich nicht mehr vollkommen erreichen, wieder befestigt, sodaß ein plastischer Ersatz der Kreuzbänder durch Seidenfäden vorgenommen wird. Darauf Verschluß der Kapsel, Naht des seitlichen Streckapparates, Hautnaht. Lagerung des Knies auf einer Gipslonguette in leichter Beugestellung, Fixierung des Beines zwischen Sandsäcken.

Nach 14 Tagen: Beschwerdefreier Verlauf. Die anfängliche Schwellung im Bereich des Kniegelenks ist ganz zurückgegangen. Das Kniegelenk hat normale Konturen, Schmerzen bestehen im Kniegelenk nicht mehr, auch kein Druckschmerz.

Nach 4 Wochen: Patient hat ein Kniescharnier bekommen, das das Kniegelenk vor extremer Beanspruchung schützen soll.

Nach 6 Wochen: Nachdem der Patient mit der Schiene schnell das Gehen gelernt hat und der Gang äußerlich kaum behindert ist (Kniebeugung bis nahezu 90 Grad, Streckung frei, keine Beschwerden) wird er entlassen. Die Schiene soll noch wenigstens ein halbes Jahr getragen werden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß eine anerkannte und restlos brauchbare Methode des Kreuzbandersatzes noch nicht vorliegt, was schon aus der Fülle der Methoden und Versuche hervorgeht. Die angewandten Operationen sind z. T. recht kompliziert und verlocken schon deshalb nicht zur Nachahmung. Der Grundstock, auf den sich fast alle späteren Methoden aufbauen, ist die *Grekow-Groves*'sche Methode mit Knochenkanäle durch Femur und Tibia. Es ist eine recht eingreifende Operation und es ist erforderlich, daß Reste vom Kreuzband vorhanden sind, diese zu verwenden und damit den Eingriff wesentlich zu vereinfachen.

Bezüglich der Nachbehandlung ist festzustellen, daß bei sämtlichen Fällen, das Knie zu früh wieder belastet wurde. Es ist dringend notwendig, das neue Band zu schonen und ihm Zeit zu lassen, sich den neuen Ernährungs- und Funktionsverhältnissen anzupassen.

Die Resultate der Kreuzbandplastiken sind keineswegs befriedigend. Bei den meisten Fällen fehlt die Spätuntersuchung und bei den Frühresultaten ist häufig noch Schubladensymptom und Unsicherheit angegeben, oder die Angaben sind so vorsichtig gehalten, wie „arbeitsfähig als Schrankenwärter", daß sie nicht gewertet werden können, jedenfalls nicht zur positiven Seite. Wenn *Bircher* schreibt, man hätte mit den verschiedenen Methoden gute Resultate er-

reicht, so zeigt das deutlich, wie geringe Ansprüche man vorläufig an die Kreuzbandplastik stellt.

In den vorhergehenden Kapiteln habe ich die Frage des Ersatzmaterials für das verloren gegangene Kreuzband immer übergangen, da sie mir wichtig genug erscheint, gesondert abgehandelt zu werden, und auch im Tierversuch nachgeprüft werden sollte. Mit dieser Frage steht und fällt meiner Ansicht nach der Erfolg der Kreuzbandplastik und gerade diese Frage ist viel zu wenig berücksichtigt worden.

Nur wenige Autoren haben sich der Mühe unterzogen an Tier-Kniegelenken die Einheilungsbedingungen von neuen Kreuzbändern zu untersuchen. Bei der Übertragung des Tierversuchs auf menschliche Verhältnisse muß man mit einer gewissen Kritik zu Werke gehen, da die Tiere als primitivere Individuen andere Regenerations- und Reaktionsfähigkeiten besitzen.

Nikoletti hat 1913 bei Hundeknien die Seiten- und Kreuzbänder herausgeschnitten und sie mit freien und gestielten Fascienstücken, Perioststücken und Sehnenstücken ersetzt. Die besten Resultate ergaben ihm die Periostlappen, die starke Ligamente bildeten Die Fascie stieß sich meist gangrös ab und wurde durch Bindegewebe ersetzt. Über Sehne keine sicheren Erfahrungen. Leider ist in dem Referat über das spezielle intraarticuläre Verhalten der neuen Kreuzbänder nichts gesagt.

Pfab hat eingehende Untersuchungen an Schafskniegelenken vorgenommen (1927), deren Resultate ich hier kurz wiedergeben möchte. Auf die funktionellen Ergebnisse *Pfabs* gehe ich nicht ein, da diese meiner Ansicht nach vom Vierfüßler nicht auf den Menschen zu übertragen sind.

1. Versuch: Abtragung des vorderen Kreuzbandes am tibialen Ansatz, Auffaserung und Faßen mit Sehnenseide. Befestigung durch 2 Bohrlöcher an der Vorderseite der Tibia. Untersuchung nach 6 Monaten: Das Kreuzband ist fest wieder angewachsen und wird durch Synovialisfalten reichlich ernährt.

Der 2. Versuch ist für uns nicht zu verwerten, da er eine beim Menschen nicht vorhandene, beim Schaf intraarticuläre Sehne als Ersatz des Kreuzbandes benutzt.

3. Ersatz des vorderen Kreuzbandes, das an den Ansatzstellen abgetrennt ist, durch den exstirpierten medialen Meniscus. Befestigung mit Nagel und Schraube.

Wie zu erwarten, ist die Synovialis nach 6 Monaten so stark gewuchert, daß sie fast die ganze Gelenkhöhle ausfüllt.

Die Verödung des Gelenks ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die unmögliche Verwendung der metallenen Fremdkörper zurückzuführen. Daneben eine Beobachtung über das Verhalten des verpflanzten Meniscus anzustellen, ist nicht möglich.

Bei den späteren Versuchsanordnungen sind mehrere Veränderungen am Gelenk nebeneinander vorgenommen worden. Das Gelenk hat darauf jedesmal mit einer starken Synovitis hyperthrophicans geantwortet. Die weitere Verwendung von Schrauben und Nägeln, die beim Befestigen mit ihrem Kopf Drucknekrosen hervorrufen, trägt zur Verwischung der Ergebnisse bei.

Beim 10. Versuche wird das vordere Kreuzband an seinem femoralen Ansatz abgetragen und nach Auffaserung mit Seide an dem femoralen Ansatz des hinteren Kreuzbandes angenäht. Nach 6 Monaten: Keine besonderen Synovialiswucherungen. Das vordere Kreuzband ist fest an das hintere angewachsen. Die Seidenfäden sind von Synovialis umgeben. Diese Versuchsanordnung zeigt, ebenso wie der Versuch 1, daß ein abgerissenes Kreuzband wenn es bald wieder angenäht wird, wieder anheilt, und daß bei Verwendung neutralen Materials, wie es Seide ist, die Reaktion des Gelenks auf den Eingriff nur gering ist. Diese Versuche sind eine Bestätigung für die in der Praxis am Menschen bereits vielfach mit gutem Erfolge ausgeführte frühzeitige Naht der Kreuzbänder.

Eigene Versuche.

Bei den meisten Ersatzmethoden wurde Fascie verwendet. Um das Schicksal der Fascie und das Verhalten des Gelenks dazu zu prüfen, haben wir den Tierversuch zu Hilfe genommen. Zum Vergleich haben wir freie Transplantation von gelenkeigenem Material, einen Schlauch mit nach außen gekehrter Synovialis, verpflanzt. Wir wollen 1. das Verhalten des Gelenks den verschiedenen Transplantaten gegenüber feststellen und 2. das Verhalten der Transplantate selbst beobachten.

Pfabs Versuche haben bewiesen, daß bei Vornahme vieler Veränderungen des Gelenkinneren nebeneinander und bei Verwendung von Nägeln eine enorme Wucherung der Synovialis auftritt. Das Prinzip der Gewebsschonung ist bei ihm nicht durchgeführt. Die feinste Form der Gewebsschonung ist meines Erachtens, daß das verpflanzte neue Kreuzband mit

Synovialis, also gelenkeigenem Material, das dem Biochemismus des Gelenks vollkommen angepaßt ist, überzogen wird. Die nächste Bedingung ist, für den Synovialisschlauch ein Gerüst zu schaffen, das zunächst auch die Funktion übernimmt.

Als Objekt für die Tierversuche benutzten wir 6 Hunde. Bei den ersten beiden Hunden wurde das Transplantat in dasselbe Knie, aus dem es gewonnen wurde, wieder eingepflanzt. Bei den letzten 4 Hunden wurde das Material aus dem linken Knie gewonnen und ins rechte Knie verpflanzt, um den Eingriff möglichst schonend zu gestalten.

Das bei den Nachoperationen gewonnene Material wurde zur mikroskopischen Untersuchung geschnitten und nach folgenden Methoden gefärbt:

1. Hämatoxylin Eosin
2. Eisenhämatoxylin (van Gieson)
3. Plasmazellenfärbung
4. Eisenfärbung (Berliner Blau).

1. Hund.

Rechtes Knie: 10 cm langer Längsschnitt an der medialen Seite des Kniegelenks. Es wird mit wenigen Schnitten durch das subcutane Gewebe auf die Gelenkkapsel eingegangen und diese längs geöffnet. Aus der Kapsel wird in der Längsrichtung ein $3^1/_2$ cm langer und 1 cm breiter Streifen herausgenommen, der auf der Innenseite vollständig von Synovialis überzogen ist. Das Kapselgewebe wird von diesem Streifen soweit entfernt, daß fast nur noch Synovialis übrigbleibt. Mit 3 Catgut-Knopfnähten wird aus diesem Synovialisstreifen ein Schlauch hergestellt, dessen Außenseite nur aus Synovialis besteht. Die beiden Außenfäden bleiben lang. Mit einer langen geraden Nadel wird an dem einen Faden der Synovialisschlauch in querer Richtung durch das Kniegelenk ungefähr in Höhe der Patella durchgezogen und nachdem die Haut nach der lateralen Seite verzogen ist, wird der Faden mit der Kniegelenkskapsel vernäht. Die andere Seite des Synovialisschlauches wird ebenfalls mit der Kapsel auf der medialen Seite vernäht.

Die Kapsel bleibt in der Breite des herausgenommenen Streifens offen. Subcutane Catgut-Knopfnaht, Hautnaht mit Seide. Gipsverband für 8 Tage.

5 Wochen später Nachoperation: Schnitt entsprechend

der alten Narbe. Man fühlt dicke Schwielen. Das Gelenk ist nach Durchschneiden der Quadricepssehne offen. Der frei durch das Gelenk gezogene Synovialisschlauch ist nicht mehr sichtbar und scheint mit Synovialis überzogen zu sein. Das dicke schwielige Paket in der Vorderwand der Gelenkkapsel wird mitsamt dem zugehörigen Gelenkinnenhautanteil exstirpiert. Ein zweiter schwieliger aber dünner Streifen, in dem ebenfalls noch Transplantatrest vermutet wird, wird gleichfalls zur mikroskopischen Untersuchung herausgenommen. Bei den mikroskopischen Untersuchungen ist mir Herr Dr. Mondry freundlicher Weise behilflich gewesen, wofür ich ihm meinen besonderen Dank hier sagen möchte.

Mikroskopischer Befund: Das größere Gewebsstück besteht aus einem mehr faserreichen in sich durchflechtenden Zügen angeordnetem Bindegewebe, das von zahlreichen kleinen Gefäßen durchzogen ist. Die Umgebung der Gefäße ist spindelzellreicher. Vereinzelt kleine perivaskuläre Zellanhäufung mit zahlreichen größeren Rund- und Spindelzellen, die feinkörnige Hämosiderinablagerungen zeigen. Nach der freien Gelenkhöhle zu abnehmender Zellreichtum. Der Synovialisüberzug zeigt Gefäßreichtum, die Intima besteht aus einem mehr kubischen Zellbelag, der starke Desquamationen zeigt.

Das kleinere Gewebsstück besteht aus locker gebauten sich durchflechtenden Zügen von Spindelzellen. Die gequollene Zwischensubstanz zeigt deutlich feinfaserigen Bau und reichliche Blutgefäße. Nach der Oberfläche zu abnehmender Zellreichtum der Faserbildung. Die Faserrichtung geht hier ausschließlich parallel der Oberfläche. Dazwischen liegen außerordentlich große mit Hämosiderinpigment beladene kurzspindelige Zellen. Dünner Synovialisüberzug mit einschichtigem Endothel.

Linkes Knie: Auf der linken Seite wird mit demselben Schnitt dieselbe Operation ausgeführt wie rechts. Auch hier wird ein $3^1/_2$ cm langer Streifen aus der Kniegelenkskapsel entnommen, nur wird hier die Synovialis entfernt, sodaß nur Fascie übrigbleibt. Dieser Streifen wird quer durch das Kniegelenk hindurchgezogen und mit der Kapsel beiderseits vernäht. Naht wie rechts.

Befund nach 5 Wochen: Querschnitt über das Gelenk unterhalb der Kniescheibe. Die Kapsel erscheint in querer Richtung schwielig verdickt, doch nur etwa ein Zehntel so stark wie am rechten Knie. Nach der Eröffnung der Kapsel

sieht man auf der Innenseite einen weißen derben Strang in querer Richtung ziehen. Dieser wird für das Transplantat gehalten und exstirpiert. Ein freier Streifen war im Gelenk nicht zu sehen, das Gelenk war absolut reaktionslos. Histologischer Befund: Das verdickte Kapselteil besteht aus sich durchflechtenden spindeligen Bindegewebszügen, die reichlich Faserbildung erkennen lassen und von mäßig vielen kleinen Gefäßen durchzogen werden. Nach der Oberfläche zu ist die Faserbildung geringer, das Gewebe etwas spindelzellreicher. Kein Intimaüberzug. Nur vereinzelt ist die Oberfläche von endothelartigen Bindegewebszellen überdeckt, keine Nekrosen, keine entzündlichen Erscheinungen.

2. Hund.

Rechtes Knie: Versuchsanordnung wie beim ersten Hund. Aus der Kniekapsel wird ein 3cm langer und $^1/_2$ cm breiter Streifen herausgeschnitten, von dem die Synovialis lospräpariert wird. Dieser Fascienstreifen wird unterhalb der Patella quer durch das Gelenk hindurchgezogen und in dieser Lage angenäht. Fasciennaht mit Catgut-Knopfnähten, Hautnaht mit Seide.

Befund nach 6 Wochen: Gelenkkapsel ist verdickt. Starke Synovitis. In der Höhe der Patella zieht ein bräunlich verfärbter Strang quer durch das Gelenk. Dieser sitzt breitbasig an der vorderen Kapselwand, ist am Grunde ziemlich derb und oben mit einigen Zotten bedeckt. Dieses Konglomerat wird exstirpiert.

Mikroskopisch besteht das untersuchte Gewebsstück aus einem außerordentlich fibroblastenreichen, auffallend gefäßreichen Granulationsgewebe. Nach der Oberfläche zu nimmt der Gefäßreichtum ab und es treten kleine Spindelzellen hervor. Die Oberfläche selbst weitgehend fibrinoid entartet, ist stellenweise bedeckt von einer dicken hyalinisierten homogenen Membran. Weiterhin finden sich unter der Oberfläche ausgedehnte ältere Blutaustritte und vereinzelt nahe der Oberfläche im Gewebe breite hyaline Bänder. (In Organisation begriffenes z. T. hyalin entartetes Fascientransplantat.)

Linkes Knie: Schnitt auf der Quadricepssehne und der Patella nach oben. Verschiebung der Haut nach medial und Eröffnung der Kapsel. Aus dieser wird ein 3 cm langer und $1^1/_2$ cm breiter Streifen herausgelöst. Die Synovialis wird abpräpariert und zu einem Schlauch geschlossen. Dieser

Schlauch wird quer durch das Gelenk von medial nach lateral gezogen und fixiert.

Nachoperation nach 6 Wochen: Im linken Kniegelenk findet sich in Höhe der Kniescheibe und medial von ihr ein runder Körper mit 1 cm Durchmesser. Dieser sitzt an einem breiten Stiel, ragt aber sonst frei ins Gelenk. Er ist von Synovialis überzogen. Da dieser wahrscheinlich der Überrest des implantierten Synovialisschlauches ist, wird er exstirpiert.

Die Synovialis ist insgesamt entzündlich verdickt und zeigt Pannusbildung. Ein zweiter Strang zieht an der Vorderwand des Gelenks unterhalb der Patella quer durchs Gelenk. Es wird angenommen, daß es die Plica alaris mit verdickter Synovialis ist. Sie wird zur Untersuchung der entzündeten Synovialis herausgenommen.

Histologische Untersuchung: Bei dem ersten Präparat findet sich nach dem Rande zu eine starke Zottenwucherung. Das rundliche Gewebsstück entspricht in diesem Aufbau vor allem nach der Tiefe zu einem in beginnender Vernarbung begriffenen Granulationsgewebe, ist außerordentlich gefäßreich, reich an großen fibroblastenähnlichen Spindelzellen dazwischen Rund- und Plasmazellen, vereinzelt auch Leukozythen. Weiterhin in der Umgebung der Gefäße z. T. massenhaft große Rund- und Spindelzellen mit mittel- bis grobkörniger Hämosiderinablagerung. Ein eigentlicher Synovialisüberzug fehlt. Nach der Gelenkhöhle zu ist das Gewebsstück von einer flachen endothelartigen Bindegewebslage bedeckt. Das als Plica alares angesprochene Gewebsstück besteht aus Bindegewebe, das nach der Oberfläche zu von reichlichem Fettgewebe durchsetzt ist. Die Oberfläche selbst zeigt hochgradige Zottenbildung, teils breitbasig plump und reichlich Fettgewebe enthaltend, teils auffallend lang und zahlreiche Secundärzotten entwickelnd. In den Zotten zahlreiche Gefäße. Unter der Intima zahlreicher Zellreichtum mit starkem Hervortreten von Plasmazellen. Der Intimaüberzug ist sehr locker gebaut, z. T. mehrschichtig stark desquamierend (Synovitis hyperplastica).

3. Hund.

Einsetzen eines Fascienstreifens aus der linken Kniegelenkkapsel in das rechte Kniegelenk.

Auf der medialen Seite des linken Kniegelenks wird mit dem üblichen Schnitt Haut, Unterhautfettgewebe sowie die fibröse Schicht bis auf die eigentliche fasciale Gelenkkapsel

durchtrennt. Mit demselben Schnitt wird das rechte Kniegelenk eröffnet. Aus der Kapsel des linken Kniegelenks wird ein $^3/_4$ cm breiter und 4 cm langer Streifen in der Längsrichtung abpräpariert ohne die Gelenkhöhle zu eröffnen. Dieser Fascienstreifen wird an einer Catgutnaht quer durch das rechte Kniegelenk in Höhe des unteren Randes der Patella hindurchgeschoben und an der lateralen Seite der Kapsel verknüpft. Das freie Ende wird am medialen Kapselrande angenäht.

Nachoperation nach 10 Wochen: Schon von außen fühlt man ein dickes knolliges Gebilde unterhalb der Patella. Das Gelenk zeigt keine entzündliche Veränderung, kein Erguß. Die Synovialis ist reizlos. Die Gelenkkapsel ist unterhalb der Kniescheibe in der Gegend des verpflanzten Fascienstreifens stark verdickt und narbig verändert. Es ist direkt schwer, die Gelenkhöhle zu finden. Der Fascienstreifen scheint von dem reaktivem Narbengewebe vollkommen umgeben. Es ragt nichts in das Gelenk hinein.

Mikroskopischer Befund: Die anliegende Synovialis zeigt etwas verstärkte Zottenbildung, wobei der Reichtum an Fettgewebe der größeren Zotten auffällt. Darunter liegt sehr faserreiches hyalines Bindegewebe, während nach der Tiefe zu ein größerer Gewebsbezirk locker gebauten Bindegewebes auffällt, das von zahlreichen kleinen Gefäßen durchzogen wird. Vereinzelt auch in der Nähe der Gefäße reichlich Rundzellen. Weiterhin befindet sich nach der Tiefe zu ein größerer Gewebsbezirk, der körnigen Zerfall zeigt, durchsetzt ist von rundlichen Zellen, vereinzelt auch Leukozythen, und in den vom Rande her Gefäße einsprossen mit deutlichen Zellmänteln. (In Organisation begriffenes nekrotisches Fascientransplantat.)

4. Hund.

Versuchsanordnungen wie beim 3. Hunde. Aus dem linken Kniegelenk wird ein 4 cm langer und 1 cm breiter Synovialstreifen in der Längsrichtung herauspräpariert. Dieser Synovialisstreifen wird mit 4 Catgut-Knopfnähten zu einem Schlauch vernäht, bei dem die Synovialis nach außen gerichtet ist. Dieser Schlauch wird im rechten Knie desselben Hundes unterhalb der Patella quer durch das Gelenk gezogen und fixiert.

Nach 10 Wochen: Am Gelenk von außen keine Verdickung oder sonstige Veränderung zu fühlen. Das eröffnete

Gelenk zeigt keinerlei Spuren von entzündlichen Veränderungen. Die Kapsel ist nicht verdickt, die Synovialis nicht gerötet. Kein Erguß. In das Gelenk ragt medial in Höhe der Kniescheibe ein $^1/_2$ cm langes Stück des implantierten Synvialisschlauches hinein, der Rest ist reaktionslos eingeheilt, aber als weißlicher Strang in der Synovialis deutlich zu erkennen. Das ganze Gebilde wird exstirpiert.

Mikroskopisch erweist sich das als Rest des Synovialisschlauches angesprochene frei ins Gelenk hineinragende Gewebsstück als schmalbasige Zottenbildung, die an der Oberfläche überall von einer nach der Spitze zu mehrschichtigen Intima überzogen ist, unter der sich eine breite Schicht lockeren außerordentlich gefäßreichen Bindegewebes befindet, während die Basis fast ausschließlich aus außerordentlich faserreichem festen Bindegewebe besteht, das von einzelnen präkapillaren Gefäßen durchzogen ist. Vereinzelt finden sich hier in der Umgebung der Gefäße spärliche rund- und kleinspindelzellige Anhäufungen mit reichlich feinkörnigen Hämosiderinablagerungen. Keine Nekrosen.

5. Hund.

Versuchsanordnungen wie bei Hund 3 und 4. Aus dem linken Kniegelenk wird ein $2^1/_2$ cm langer und $^3/_4$ cm breiter Streifen Synovialis von der Fascie freipräpariert und zu einem Schlauch umgenäht. Der Synovialisschlauch wird in derselben Weise wie früher quer durch das rechte Knie hindurchgezogen und so mit Catgut-Knopfnaht fixiert.

Nach 9 Wochen: Von außen ist eine sichere Verdickung nicht zu fühlen. Im Gelenk ist mehr als wir es bisher gewohnt waren eine leicht bräunliche zähflüssige Synovia. Die Synovialis ist bräunlich verfärbt und zeigt Pannusbildung. Unterhalb der Patella zieht ein Gebilde quer durchs Gelenk, das zweifellos das Resultat des verpflanzten Synovialisschlauches ist. Es sieht so aus, als habe sich in der Mitte eine Zyste gebildet. Außerdem ist er nur an den beiden Seiten angewachsen und bildet in der Mitte eine Brücke. Dieses Gebilde wird mitsamt der Patellarsehne und der zugehörigen Vorderwand an der es festgewachsen ist, herausgenommen.

Mikroskopisch ist der oben beschriebene Tunnel zwischen Transplantat und Vorderwand des Kniegelenks von Synovialis ausgekleidet, die stellenweise sehr lange schmale, zellreiche Zotten bildet. Die Intima selbst besteht aus z. T. fast zylin-

drischen geschwollenen vereinzelt in mehreren Schichten übereinander liegenden Endothelzellen. Die darüber liegende Gewebsbrücke besteht aus derben sich durchflechtenden Bindegewebszügen, wird nach der Gelenkhöhle zu etwas spindelzellreicher und zeigt einen glatten Synovialisüberzug, deren außerordentlich zellreiche erweiterten Gefäße ins Auge fallen. Nahe der Ansatzstelle der Brücke findet sich eine größere perivaskuläre Zellanhäufung, wobei sich in zahlreichen rundlichen und spindeligen Zellen fein- und mittelgrobkörnige Hämosiderinablagerungen finden.

6. Hund.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie bei Hund 3—5. Aus dem linken Knie wird ein Fascienstreifen ohne Synovialis oder Fett ins rechte Kniegelenk verpflanzt.

Nachoperation nach 9 Wochen: Von außen fühlt man im stark gestreckten Kniegelenk oberhalb der Patella eine kleine Verdickung. Das Gelenk ist frei von entzündlichen Veränderungen, keine Vermehrung der Synovia, Synovialis reizlos. Oberhalb der Kniescheibe ist in der Vorderwand des oberen Recessus eine warzenförmige bräunliche Verdickung. Ein weißlicher Narbenstrang zieht quer herüber.

Mikroskopische Untersuchung: Die Synovialis zeigt subintimal vergrößerten Zellreichtum. Der exstirpierte Knoten besteht mikroskopisch größtenteils aus sehr faserreichem, zellarmen Bindegewebe, ist gegen die Gelenkhöhle zu von einer lammellös sich abhebenden Bindegewebsschicht überzogen, der vereinzelt endothelartige flache Bindegewebszellen aufliegen. Umschrieben herdförmige Ansammlungen von kleinen Gefäßen, die von großen Rund- und Plasmazelleninfiltrationen begleitet sind, vereinzelt auch Leukozythen. Weiterhin finden sich vereinzelt kleine hyalinisierte Gewebsbezirke (hyaliner Zerfall) des Fascientransplantates.

Wenn ich rückblickend die angestellten Versuche überschaue, läßt sich feststellen, daß in keinem Falle infolge der Transplantation bezw. des Operationstraumas eine stärkere synoviale Wucherung aufgetreten ist. Wenn vereinzelt eine stärkere Schwellung der Kapsel im Bereich des alten Operationsgebietes auftrat, handelte es sich um eine Bindegewebswucherung im eingeheilten Transplantat, das hier einer abnormen Druckbeanspruchung unterlag, nicht aber um reaktive Veränderungen der Gelenkschleimhaut. Es bestanden zwar in

mehreren Fällen in der Umgebung des Pfropfnestes die Zeichen einer traumatischen Synovitis, die sich histologisch vor allem durch Vermehrung, Vergröberung und Vergrößerung der Zottenbildung darstellte, jedoch waren diese Veränderungen durchaus geringfügiger Natur und fehlten bei den Nachuntersuchungen nach längerer Zeit (Hund 3, 4 und 6) ganz, nur bei Fall 5 bestanden sie noch nach 9 Wochen. Diese Synovialisveränderungen fanden sich sowohl bei Fascien- wie Synovialistransplantaten.

Im Verhalten der Transplantate konnte ein deutlicher Unterschied zwischen Fascien- und Synovialisstreifen festgestellt werden. So fanden wir im histologischen Bilde von drei der vier verpflanzten Fascienstücke teils deutlich nekrotische Gewebspartien, teils hyaline Ablagerung bezw. Umwandlung des teilweise untergehenden Transplantates, während vom Rande her ausgedehnte Organisations-(Substitutions-)vorgänge einsetzten. Dem entgegen fanden sich in den Synovialisstücken in keinem einzigen Fall Zeichen für partielle Nekrosen, nur vereinzelt herdförmig größere Zellanhäufungen und reichlichere Hämosiderinablagerungen.

Vielmehr zeigte der Synovialisschlauch wie Fall 5 beweist, die Fähigkeit an beiden Enden nicht bloß gut anzuheilen, sondern sogar in Form einer weitbogigen Brücke erhalten zu bleiben und einzuheilen, ja auf die mechanische Beanspruchung (Druck) hin mit eigener starker Bindegewebsvermehrung zu antworten.

Weiterhin zeigten auch die übrigen verpflanzten Synovialisschläuche, die sich der Unterlage flächenhaft angelegt hatten, mit ihr verklebt und so breitbasig angeheilt waren mit Ausnahme des 2. Hundes, einen wohl ausgebildeten Intimaüberzug, der den Fascientransplantaten in drei von vier Fällen fehlte. Wie aus dem histologischen Befunde ersichtlich, bestand bei letzterem die Oberfläche-Bekleidung teils aus flachen Bindegewebszellen, teils aus hyalinen Auflagerungen.

Wie sollen wir diese Befunde erklären? Nach *Borst* hängt der Erfolg der Einheilung eines Transplantates einmal von der Differenzierungshöhe des Pfropfgewebes, andererseits von dem Grade der biochemischen Verwandtschaft zwischen Transplantat und Transplantatnest ab. Diesen Bedingungen kommt die Synovialis weitgehend nach. Sie steht auf einer relativ niedrigen Differenzierungsstufe, niedriger als Fasciengewebe, und sie ist ortseigenes, gelenkgewöhntes Material, wie

es Fascie niemals sein kann. Daraus resultiert das Fehlen von Nekrosen beim Synovialisschlauch.

Am bemerkenswertesten ist die Fähigkeit der Synovialis, wie Fall 5 zeigt, auf mechanische Einwirkung mit einer Bindegewebsvermehrung zu reagieren.

All diese Vorzüge lassen die Synovialis für den plastischen Ersatz von Kreuzbanddefekten hervorragend geeignet erscheinen. Allerdings wird ein frisch überpflanztes Stück Synovialis zunächst nicht die Funktion eines Kreuzbandes mit Zugspannung übernehmen können, wie es ein Fascienstreifen wohl könnte. Jedoch ist die Fascie nur für beschränkte Zeit dazu in der Lage, da das frei durch das Gelenk ziehende Fascienstück mit Sicherheit nach einiger Zeit nekrotisch wird und die Zugfestigkeit verlieren muß. Man muß also, wenn man einen Ersatz von Kreuzbanddefekten durch Synovialis versucht, die Kreuzbandfunktion interimistisch von einer Seidensehne übernehmen lassen, bis der Synovialisschlauch nach der Einheilung die Zeit gefunden hat, genügend bandartiges sehniges Bindegewebe zu bilden, das später vollwertig das zerrissene Kreuzband ersetzen soll. Daß die Synovialis zur Bindegewebsproduktion hervorragend geeignet ist, zeigen die Tierversuche, besonders Fall 5. In der Praxis würde es sich empfehlen, zuerst unter weitgehender Verwendung von Resten der Kreuzbänder die Ansatzstellen dieser Bänder durch feste Seidenzügel zu verbinden und nach Anfrischen der Bandstümpfe das frei durch das Gelenk hindurchgehende Seidenband mit Synovialis zum Umkleiden und diese an den Bandansätzen zur Anheilung zu bringen. Nach Einheilung der Synovialis wird diese die Seidenzügel mit einer festen Bindegewebskapsel umkleiden. Das Seidenband selbst, das neugebildete Bindegewebe und die Nahtstellen werden durch den Intimaüberzug vor Einwirkungen der Synovia geschützt.

Die Funktion des Seidenbandes wird voraussichtlich mit zunehmender Festigkeit von dem neugebildeten Bindegewebe übernommen werden. Die Neubildung des Bindegewebes wird entsprechend der Beanspruchung in Längsrichtung erfolgen. Das anfangs regellos sich bildende Bindegewebe wird allmählich entsprechend den funktionellen Anforderungen in geordnetes Bandgewebe „transformiert".

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. *Klapp* für die freundliche Überlassung des Themas und die Förderung der Arbeit, Herrn Prof. Dr. *Versé*, Herrn Prof. Dr. *Wiedhopf*, Herrn Prof. Dr. *Nauk* und Herrn Dr. *Mondry* für ihr freundliches Entgegenkommen und ihre große Unterstützung vielmals zu danken.

Literaturverzeichnis.

Albert, Chir. Diagnostik zit. nach *Payr.*

Bircher, Schweiz. med. Wochenschrift 1929 Nr. 49 S. 1293.

Borst, Path. Anatomie von *Aschoff.*

Braus, Anatomie des Menschen.

Desplas, Ref. Zentralorgan f. d. ges. Chirurgie 1928 Nr. 42 S. 77.

Edwards, Ref. Zentralorgan f. d. ges. Chirurgie 1928 Nr. 34 S. 469.

Farkas, Zentralbl. f. Chir. 1930 III S. 2709.

Fick in Bardeleben, Handbuch d. Anatomie. Muskel- und Gelenkmechanik.

Forrester, Ref. Zentralorgan f. d. ges. Chirurgie 1928 Nr. 42 S. 783.

Forrester, Ref. Zentralorgan f. d. ges. Chirurgie 1926 Nr. 36 S. 910.

Gebhard, Münchner med. Wochenschrift. 1929 I S. 54.

Goetjes, Deutsche Ztschr. f. Chir. 1913 B. 123 S. 221.

Goetjes, Verhandl. d. Deutschen Ges. f. Chir. 1914 B. 43 I S. 185.

Gold, Deutsche Zeitschrift f. Chir. 1929 B. 213 S. 120.

Groves, Ref. Zentralorgan f. ges. Chir. 1920 B. 8 S. 92.

Haussecker, Ref. Zentralorg. f. d. ges. Chir. B. 39 S. 396.

Heß, Verh. d. Deutsch. Ges. f. Chir. 1914 B. 43 I S. 188.

Hölzel, Münchner med. Wochenschr. 1917 II S. 928.

Jaroschy, Bruns Beiträge 1929 B. 147 S. 233.

Jüngling, Zentralbl. f. Chir. 1930 I S. 54.

Kehl, Zentralorgan f. d. ges. Chir. 36 S. 480.

Ludloff, Zbl. f. Chir. 1927 III S. 3162.

Ludloff, Zbl. f. Chir. 1930 I S. 52.

Madranges, Ref. Zorg. f. d. ges. Chir. 1923 XIX S. 351.
Mandl, Zentralblatt f. Chir. 1929 II S. 1547.
Mandl, Zentralblatt f. Chir. 1931 I S. 969.
Matti, Münchner med. Wochenschr. 1918 S. 451.
Morian, Deutsche Ztschr. f. Chir. 1928 B. 211 S. 318.
Nikoletti, Ref. Zorg. f. d. ges. Chir. 1913 B. III S. 239.
Payr, Archiv für klin. Chir. 1927 Bd. 148 S. 463.
Perthes, Zentralblatt f. Chir. 1926 S. 867.
Petraschewskaja, Ref. Zorg. f. d. ges. Chir. 1923 XX S. 110.
Pfab, Deutsche Ztschr. f. Chir. 1927 B. 205 S. 258.
Pfab, Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 1927 Bd. 205 S. 265.
Putti, Ref. Zorg. f. d. ges. Chir. 1920 VII S. 240.
Ray, Zentralbl. f. Chir. 1929 III S. 2009.
Seifert, „Die Chirurgie" von Kirschner Nordmann 1927.
Tretter, Deutsche Ztschr. f. Chir. 1928 B. 212 S. 93.
Verbrugge und *Valls,* Ref. Zorg. f. d. ges. Chir. B. 33 S. 842.
Weil, Zentralblatt für Chir. 1929 III S. 2009.
Wittek, Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 1927 B. 200 S. 491.
Wiener klinische Wochenschrift 1927 I S. 28.
Zentralblatt für Chirurgie 1928 I S. 111.
Schweizer med. Wochenschrift 1929 Heft 50.

Lebenslauf.

Ich wurde am 22. Dezember 1905 als Sohn des Dr. Rudolf *Klapp*, a. o. Prof. der Chirurgie an der Universität Bonn geboren. 1911 kam ich in die Vorschule und von Ostern 1915 bis Ostern 1925 absolvierte ich das Friedrichs-Werder'sche Gymnasium in Berlin. Nach dem am 6. 3. 1925 bestandenen Abiturium besuchte ich die Universitäten Berlin, München, Frankfurt/Main und Marburg.

Zu Beginn des Sommersemesters 1928 bestand ich die ärztliche Vorprüfung. Im Oktober 1930 begann meine ärztliche Hauptprüfung, die ich im Januar 1931 mit Erfolg beendete.

Vom 1. Februar bis 30. September 1931 war ich als Medizinalpraktikant in der chirurgischen Universitäts-Klinik Marburg (Direktor Prof. Klapp) tätig und bin jetzt am städtischen Krankenhaus „Am Urban" in Berlin, Innere Abteilung (Direktor Prof. Dr. H. Zondek) als Medizinalpraktikant.

Meine klinischen Lehrer waren

in München: *Boehm, Fahrig, Lexer, Mollier, von Müller, Polano, Straub, Wessely, von Zumbusch.*

in Frankfurt/Main: *Fischer-Wasels, Goetze, Gollwitzer-Meier, Guthmann, Peiper, Schmieden, Schnaudigl, Seitz, Traugott, Volhard.*

in Marburg: *Arndt, Boeminghaus, Eimer, Freudenberg, Grüter, Gürber, Hildebrand, Kehrer, Klapp, Klewitz, Kretschmar, Neumann, Pfannenstiel, Ruete, Schwenkenbecher, Uffenorde, Versé, Wiedhopf.*

in Berlin: *Bier, von Bergmann, Baetzner, Czerny, Gocht, Hintze, Krückmann, Schäfer, Stoeckel, Strauch, Trendelenburg.*